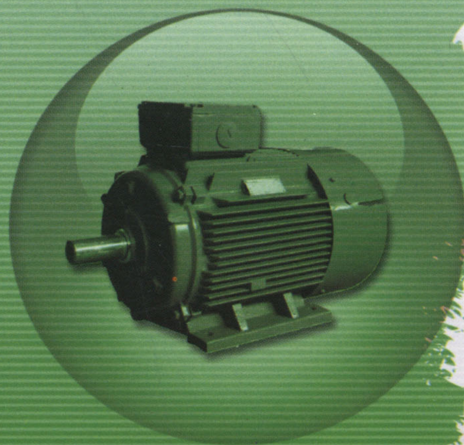


看图学技能丛书

看图学电动机使用与维修150问

刘淑华　张云坤　等编





机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



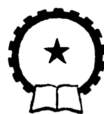
VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

看图学技能丛书

看图学电动机使用与维修150问

刘淑华　张云坤　等编



机械工业出版社

全书共分6篇，即看图学电动机基础，电动机使用与保养，看图学电动机维修工具、仪表、材料，看图学电动机检修技能，看图学电动机拆装维护，电动机维修实例。本书全面地介绍了电动机的基础理论、基础知识、工作原理、使用保养、检修工具、拆装方法、故障维修、检修技巧、检修实例等内容，重点突出电动机的修理技能、维修实例和使用保养方法，是一本全面介绍电动机理论基础、使用技巧、操作维修实践的入门类图书。全书采用问答的形式，分篇进行介绍，每一个问答力求解答一个具体的问题，让读者对电动机养护与维修有一个全面具体的了解，并通过阅读本书具有一定的动手能力。

本书适合于电动机初学人员、自学人员，职业培训学校师生，岗位培训人员，电动机操作人员，农机维修人员阅读。

图书在版编目（CIP）数据

看图学电动机使用与维修150问/刘淑华等编. —北京：机械工业出版社，2010.5

（看图学技能丛书）

ISBN 978-7-111-30265-0

Ⅰ.①看… Ⅱ.①刘… Ⅲ.①电动机-使用-问答②电动机-维修-问答 Ⅳ.①TM32-44

中国版本图书馆CIP数据核字（2010）第056042号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）
策划编辑：顾 谦 责任编辑：任 鑫 版式设计：霍永明
责任校对：王 欣 封面设计：陈 沛 责任印制：杨 曦
北京鑫海金澳胶印有限公司印刷
2010年6月第1版第1次印刷
169mm×239mm · 14印张 · 245千字
0001—3000册
标准书号：ISBN 978-7-111-30265-0
定价：29.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务
社服务中心：（010）88361066
销 售 一 部：（010）68326294
销 售 二 部：（010）88379649
读者服务部：（010）68993821

网络服务
门户网：http://www.cmpbook.com
教材网：http://www.cmpedu.com
封面无防伪标均为盗版

前　　言

电动机已无处不在，使用和维修工作量较大。许多初学电动机维修的人员急需得到一种以师带徒式的快速且直观的电动机学习资料。除此之外，还有很多业余电动机使用维修人员和新农村建设技术人员，也都需要电动机使用与维修的技能类入门书籍。鉴于此，我们编写了《看图学电动机使用与维修150问》一书，以满足广大读者的需要。

全书采用问答的形式，分篇进行介绍，每一个问答力求解答一个具体的问题，让读者对电动机的养护与修理有一个全面具体的了解，并通过阅读本书具有一定的动手能力。

本书在编写和出版过程中，得到了机械工业出版社领导和编辑的热情支持和帮助，张新德、张利平、陈金桂、刘晔、王光玉、王娇、刘运和、陈秋玲、刘桂华、张美兰、周志英、刘玉华、张泽宁、刘文初、刘爱兰、张美兰等同志也参加了部分内容的编写、资料收集、整理和文字录入等工作。值此成书之际，向这些领导、编辑和同仁一并表示深情感谢！

由于作者水平有限，书中错漏之处在所难免，还请广大读者批评指正。

编　者

目　录

前言

第1篇　看图学电动机基础

第1章　电动机基础 …… 3
【问答1】什么是电动机？ …… 3
【问答2】电动机的常用术语有哪些？它们是怎样定义的？ …… 5
【问答3】电动机的一般知识有哪些？ …… 9
【问答4】电动机的温升和温度的基本概念是怎样的？ …… 11
【问答5】什么是磁极数？ …… 13
【问答6】什么是电动机功率因数？ …… 13
【问答7】什么是电动机闭环和开环？ …… 14
【问答8】单相电源与三相电源有什么区别？ …… 15
【问答9】中小容量异步电动机设置有哪些保护装置？ …… 15
【问答10】异步电动机是怎样实施保护的？ …… 16
【问答11】什么是高压液态电阻减压起动？ …… 19
【问答12】伺服电动机的制动方式有哪几种？ …… 19
【问答13】电动机绝缘漆有哪些？ …… 20
【问答14】电动机型号的命名方式是怎样的？ …… 21
【问答15】电动机的机型系列是怎样表示的？ …… 23
【问答16】三相异步电动机的调速方式及其特点是怎样的？ …… 24
第2章　电动机的种类与特性 …… 27
【问答1】电动机怎样分类？ …… 27
【问答2】各类电动机的技术性能及其应用范围是怎样的？ …… 28
【问答3】直流电动机有哪些种类？ …… 31
【问答4】永磁直流电动机的基本结构是怎样的？ …… 33
【问答5】什么是单极直流电动机？ …… 34
【问答6】异步电动机的特点及应用范围有哪些？ …… 34
【问答7】三相异步电动机有哪些类型？ …… 35



【问答 8】交流同步电动机有哪些种类？ …… 36
【问答 9】同步电动机与异步电动机有什么区别？ …… 37
【问答 10】永磁同步电动机与异步电动机各有什么优缺点？ …… 38
【问答 11】伺服电动机具有哪些特性？ …… 38
【问答 12】步进电动机的类型及主要技术指标有哪些？ …… 39
【问答 13】步进电动机和交流同步伺服电动机有什么区别？ …… 42
【问答 14】怎样区分大、中、小型电动机？ …… 44
第 3 章　电动机的基本原理 …… 45
【问答 1】中小型直流电动机的结构是怎样的？ …… 45
【问答 2】反应式步进电动机的结构及工作原理是怎样的？ …… 48
【问答 3】三相异步电动机的结构和工作原理是怎样的？ …… 53
【问答 4】笼型三相异步电动机Y-△联结减压手动控制电路的工作原理是怎样的？ …… 58
【问答 5】单相异步电动机的结构和工作原理是怎样的？ …… 61
【问答 6】罩极式电动机的工作原理是怎样的？ …… 63
【问答 7】步进电动机的主要特性有哪些？ …… 64
【问答 8】直流电动机的工作原理是怎样的？ …… 65
【问答 9】无刷直流电动机的基本结构及工作原理是怎样的？ …… 66
【问答 10】无刷直流电动机的功能特点有哪些？ …… 68
【问答 11】直流电动机调速器的工作原理及应用范围是怎样的？ …… 69
【问答 12】直线电动机的结构原理是怎样的？ …… 70
【问答 13】离心稳速电动机的结构及调速原理是怎样的？ …… 71
【问答 14】异步电动机变频调速原理是怎样的？ …… 73

第 2 篇　电动机使用与保养

第 1 章　电动机的选购 …… 77
【问答 1】怎样选购电动机？ …… 77
【问答 2】怎样选择步进电动机？ …… 80
【问答 3】怎样选择异步电动机？ …… 81
【问答 4】怎样选择防爆电动机？ …… 81
【问答 5】怎样选择电动机轴承？ …… 82
【问答 6】怎样选择电刷？ …… 83
【问答 7】怎样选择低压电动机的熔断器？ …… 84

第2章　电动机的使用 …… 86
【问答1】怎样正确安装和调试电动机？ …… 86
【问答2】对电动机的安装有哪些要求？ …… 87
【问答3】怎样正确使用电动机？ …… 88
【问答4】避免电动机烧毁的措施有哪些？ …… 89
【问答5】怎样选择电动机保护装置？ …… 90
【问答6】怎样选用电动机润滑脂？ …… 91
【问答7】怎样安装和使用振动电动机？ …… 92
【问答8】长期停放的电动机重新使用时，应做哪些工作？ …… 94
【问答9】电动机三相电流不平衡的原因有哪些？ …… 94
【问答10】电动机断相的原因有哪些？ …… 95
【问答11】电动机为什么会产生轴电流？怎样预防？ …… 95
【问答12】起动电动机前应做哪些检查？ …… 95
【问答13】电动机轴承过热的原因有哪些？ …… 96
【问答14】怎样降低电动机噪声？ …… 96
【问答15】电动机在哪些情况下应立即切断电源？ …… 97
【问答16】电动机发生火灾的原因有哪些？怎样预防？ …… 98
【问答17】怎样降低电动机能耗？ …… 99
第3章　电动机的保养 …… 101
【问答1】怎样维护保养电动机？ …… 101
【问答2】怎样正确使用与维护保养熔断器？ …… 102
【问答3】怎样清洗电动机轴承？ …… 103
【问答4】怎样给电动机轴承补充润滑脂？ …… 104

第3篇　看图学电动机维修工具、仪表、材料

第1章　维修工具 …… 109
【问答1】维修电动机的常用工具有哪些？ …… 109
【问答2】维修电动机的专用工具有哪些？ …… 111
第2章　维修仪表与材料 …… 115
【问答1】维修电动机所需的仪表有哪些？ …… 115
【问答2】维修电动机应配备的导电材料有哪些？ …… 120
【问答3】维修电动机应配备的绝缘材料有哪些？ …… 123
【问答4】维修电动机应配备的绝缘漆有哪些？ …… 127



【问答 5】什么是磁性槽楔？ …… 128

第 4 篇　看图学电动机检修技能

【问答 1】电动机故障的一般判断方法有哪些？ …… 131
【问答 2】怎样对电动机断相运行进行鉴别和检修？ …… 132
【问答 3】电动机受潮后怎样检修？ …… 132
【问答 4】电动机大修时怎样嵌线？ …… 134
【问答 5】怎样查找电动机绕组接地点？ …… 134
【问答 6】怎样测量电动机的绝缘电阻？ …… 136
【问答 7】怎样快速判断电动机控制电路是否存在故障？ …… 136
【问答 8】怎样快速判别三相异步电动机同名端？ …… 138
【问答 9】怎样检修电动机定子绕组短路故障？ …… 139
【问答 10】怎样检修电动机定子绕组断路故障？ …… 140
【问答 11】怎样检测电动机电气连接故障？ …… 142
【问答 12】怎样防止三相异步电动机单相运行？ …… 143
【问答 13】怎样将三相小功率电动机改作单相运行？ …… 144
【问答 14】电动机起动前应做哪些检查？ …… 145
【问答 15】怎样检查电动机轴承运转是否正常？ …… 146
【问答 16】怎样根据三相电动机绕组烧损的情况判断故障的产生原因？ …… 147
【问答 17】电动机修复后应做哪些检查和试验？ …… 148
【问答 18】怎样调校转子的不平衡量？ …… 148
【问答 19】怎样判别单绕组双速电动机的同名端？ …… 149
【问答 20】怎样检查和修理异步电动机转子端部并头套开焊故障？ …… 151
【问答 21】怎样检测防爆电动机？ …… 152
【问答 22】单相交流电动机不能起动，怎样检修？ …… 153
【问答 23】单相交流电动机机壳带电，怎样检修？ …… 153
【问答 24】单相异步电动机中电容损坏，怎样检修？ …… 154
【问答 25】怎样检修单相电容起动式电动机中的离心开关？ …… 155
【问答 26】单相电动机转轴弯曲，怎样检修？ …… 155
【问答 27】怎样修理直流电枢绕组接地故障？ …… 156
【问答 28】怎样确定直流电动机电刷中性线位置？ …… 157
【问答 29】怎样对检修后的直流电动机进行运转试验？ …… 157

【问答 30】永磁直流电动机有哪些常见故障？怎样检修？ …………… 158
【问答 31】怎样排除电动机扫膛故障？ ………………………………… 159

第 5 篇　看图学电动机拆装维护

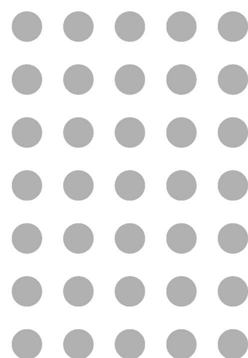
【问答 1】拆卸电动机的一般步骤是怎样的？ ………………………… 163
【问答 2】安装电动机的一般要求有哪些？ ……………………………… 164
【问答 3】怎样装配电动机？ ……………………………………………… 165
【问答 4】怎样拆卸传动轮？ ……………………………………………… 165
【问答 5】怎样拆装电动机轴承？ ………………………………………… 166
【问答 6】怎样拆装轴承外盖？ …………………………………………… 167
【问答 7】怎样拆装端盖？ ………………………………………………… 168
【问答 8】怎样抽出转子？ ………………………………………………… 169
【问答 9】怎样识别和选用轴承？ ………………………………………… 169
【问答 10】怎样重绕定子绕组？ ………………………………………… 170

第 6 篇　电动机维修实例

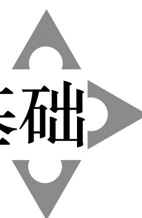
第 1 章　三相电动机……………………………………………………………… 181
【问答 1】一台三相异步电动机通电后不能正常起动，怎样检修？ …… 181
【问答 2】一台三相异步电动机绝缘电阻过低，怎样检修？ …………… 185
【问答 3】一台三相异步电动机工作时外壳带电，怎样检修？ ………… 186
【问答 4】一台三相异步电动机运行时空载电流偏大，怎样检修？ …… 186
【问答 5】一台三相异步电动机三相电流不平衡，怎样检修？ ………… 187
【问答 6】一台三相异步电动机工作时温升过高，怎样检修？ ………… 188
【问答 7】一台三相异步电动机运行时发出异常噪声，怎样检修？ …… 190
【问答 8】一台三相异步电动机运行时振动较大，怎样检修？ ………… 191
【问答 9】一台三相异步电动机在运行中轴承严重发热，怎样检修？ … 192
【问答 10】三相绕线转子异步电动机集电环火花过大，怎样检修？…… 193
【问答 11】一台三相异步电动机定子、转子铁心损坏，怎样检修？…… 194
【问答 12】一台三相异步电动机在运行中轴承损坏，怎样检修？……… 195
【问答 13】一台三相异步电动机转轴损坏，怎样检修？………………… 196
【问答 14】一台三相 4 极电动机经重绕修理后，电动机不能起动运转且声音发闷、振动强烈，怎样检修？………………………………… 196
【问答 15】一台三相 2 极电动机运行中突然转速变慢，机内发出一股



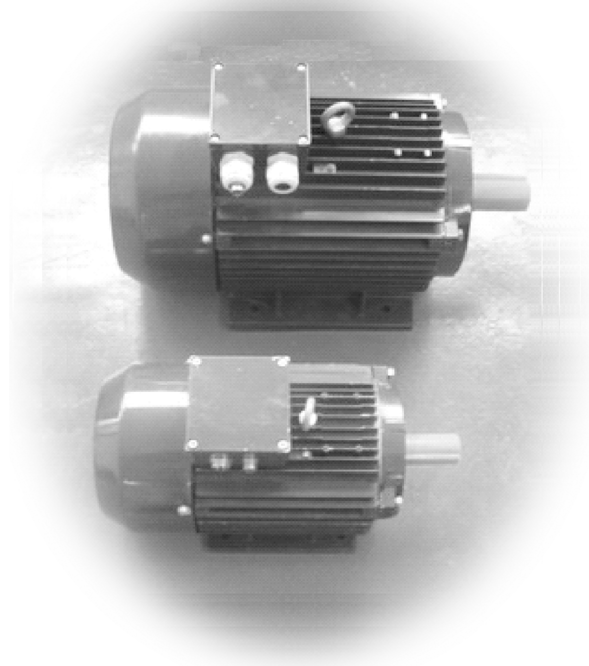
焦煳味，随即停止转动，怎样检修？ ………………………… 197
【问答 16】三相异步电动机常见的电气故障有哪些？怎样检修？……… 197
第 2 章　单相电动机…………………………………………………… 201
【问答 1】一台电容起动式单相电动机通电后不能起动，但有“嗡嗡”声，怎样检修？ ……………………………………………… 201
【问答 2】一台单相小功率电动机，工作过程中突然停转且不能再起动，怎样检修？ ………………………………………………… 201
【问答 3】一台单相电容运转式电动机，维修时更换了电容后转速变慢，外壳发烫，怎样检修？ ………………………………………… 202
【问答 4】一台单相双电容电动机，更换线圈重新使用时，一接通电源副绕组即被烧毁，怎样检修？ …………………………… 203
【问答 5】一台小型单相电容起动运行式电动机能起动，但始终处于低速大电流状态，怎样检修？ ……………………………… 203
【问答 6】一台单相串励电动机，工作时某一极电刷下产生剧烈的火花，怎样检修？ ………………………………………………… 204
【问答 7】单相串励电动机的常见故障有哪些？怎样检修？ ………… 205
【问答 8】一台步进电动机，使用时发热严重，怎样排除？ ………… 207
第 3 章　直流电动机…………………………………………………… 208
【问答 1】一台直流电动机在维修过程中接线柱标牌丢失，怎样接线？ ……………………………………………………… 208
【问答 2】一台直流电动机工作时换向器上产生较大的火花，且转速异常，怎样检修？ ……………………………………………… 208
【问答 3】一台用于录放机的离心稳速直流电动机，电动机转速变低，放音时音调低沉，怎样检修？ ……………………………… 209
【问答 4】一台用于录放机的离心稳速直流电动机，电动机转速变快，放音时刺耳，怎样检修？ ……………………………………… 210
【问答 5】一台用于收放机的离心稳速直流电动机，时转时停，在停止时用手轻敲一下，又可以转动起来，怎样检修？ ……… 210
【问答 6】直流电动机常见故障有哪些？怎样检修？ ………………… 211
参考文献………………………………………………………………… 212

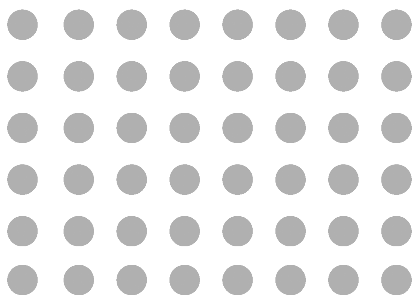


第1篇



看图学电动机基础







第1章　电动机基础

【问答1】什么是电动机？

电动机（见图1-1）（俗称马达）是一种将电能转换成机械能的动力设备。

1. 电动机的发展历程

电动机从发明到现在已有近200年历史。早在1821年，英国科学家法拉第首先表明可以把电力转换为旋转运动，为电动机的制造提出了理论依据。1834年德国的雅可比制成了第一台电动机。他是在两个U形电磁铁中间，装一个六臂轮，每臂轮带两根棒形磁铁。通电后，棒形磁铁与U形磁铁产生相互吸引和排斥作用，带动轮轴转动。后来，雅可比做了一个大型的装置，安置在小艇上，用320个丹尼尔电池供电。1838年小艇在易北河上首次航行，时速只有2.2km/h，虽然转速较低，但实践了将电能转换为机械能的理论。

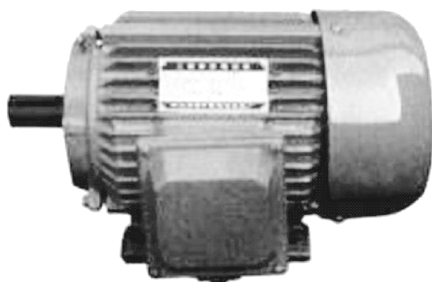


图1-1　电动机

1831年美国物理学家亨利设计出最初电子式电动机。同时，美国的达文波特也成功地制造出了驱动印刷机的电动机。但这些电动机使用电池作为电源，制造成本高且不实用，都没有太大的商用价值。

1870年比利时工程师格拉姆发明了直流发电机。在设计上，直流发电机与电动机很相似。后来，格拉姆表明向直流发电机输入电流，其转子会像电动机一样旋转。于是这种格拉姆型电动机大量地制造出来。随着第一台实用直流电动机的问世，使电动机在生产领域得到了广泛应用。

在第一台直流发电机研制成功并实际运用的基础上，德国的西门子研制了更好的电动机，并着手研制由电机驱动的车辆。西门子于1879年研制出了世界

上第一台电车，该电车只有3马力[一]，在当时的柏林工业展览会上，这种不冒烟的电车赢得了观众的一片喝彩。在此之后，美国科学家爱迪生研制出了12～15马力的电动机车。但当时的电动机全是直流电动机，只限于驱动电车。

1888年科学家特斯拉，根据电磁感应原理，制造出了第一台交流电动机。这种交流电动机定子和转子结构，使用交流电源，当电动机输入交流电后，交流电快速输入一组称为定子的外线圈，继而产生一个旋转磁场。转轴内的一组线圈则称为转子，它会被定子的旋转磁场感应出电流，所以又称为感应电动机。

1902年瑞典工程师丹尼尔森首先提出同步电动机构想。

电动机的发明与发展为整个社会的科学技术发展起到强大的促进作用。目前，电动机已在工业、农业、国防、交通和家用电器等各个领域内得到了广泛应用。

2. 电动机的分类

电动机按其电源性质可分为交流电动机和直流电动机两大类。但无论是交流电动机还是直流电动机，都是以法拉第电磁感应定律为基础研制而成的，它们的工作都是基于定子、转子之间的磁场与电流的相互作用而产生转矩，驱动转子旋转。

（1）交流电动机

交流电动机（见图1-2）是使用交流电源来实现转动的电动机，可分为同步电动机和异步电动机两种基本形式。

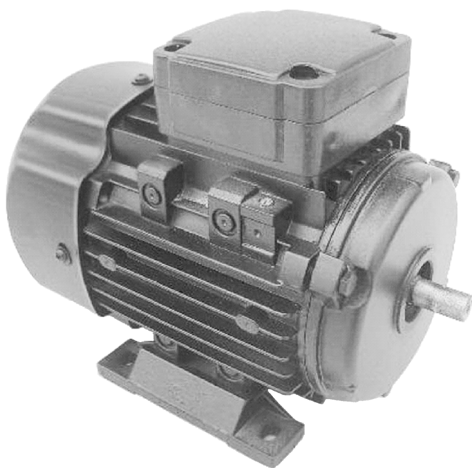


图1-2　交流电动机

同步电动机的定子是三相交流绕组，转子为磁极绕组，在转轴上安装有一对集电环，通过集电环与外电源连接。

异步电动机的定子与同步电动机的定子相同，也是三相交流绕组，从电源吸取无功励磁电流建立旋转磁场。其转子有笼型转子和绕线转子两种形式。其中，笼型转子为自身短路的绕组；绕线转子为普通三相绕组，通过轴上的三个集电环与外电路连接。

[一] 1马力＝735.499W，后同。



（2）直流电动机

直流电动机（见图 1-3）是使用直流电源来实现运转的电动机。由定子和转子（电枢）构成。定子为磁场部分，其励磁方式有自励和他励两种。

其中，自励电动机按照其励磁绕组与转子（电枢）绕组连接方式的不同，又分为并励、串励及复励三种。在实际使用中，以并励电动机较为常见。



图 1-3　直流电动机

【问答 2】电动机的常用术语有哪些？它们是怎样定义的？

在日常使用和维修中，对电动机的技术用语主要有以下几种。

1. 常用术语

（1）额定电压

指定子绕组在指定接法下规定使用的线电压，常以 V 或 kV 为单位。

1kV = 1000V

1V = 1000mV

1V = 1000000μV

1MV = 1000000V

（2）额定功率

指电动机在额定条件（额定电压、额定频率、额定工作制）下，转轴上所能输出的机械功率，以 W 为单位。

1kW = 1000W

1kgf · m/s = 9.80665W

1cal/s = 4.1868W

1 马力 = 735.499W

（3）负载持续率

指电动机在工作周期中的负载（包括起动与制动）持续时间与整个周期的时间之比，常以百分数表示。

（4）绝缘等级

指电动机内导体与导体之间隔离绝缘材料耐热等级。通常将绝缘材料的等级划分为 Y、A、E、B、F、H、C 等级别，各级别的耐热分别为 90℃、105℃、115℃、130℃、155℃、180℃、180℃以上。

耐热温度等级实际上就是电动机的允许最高温度范围。例如 B 级绝缘，说明该电动机的耐热温度为 130℃。

（5）工作制

指电动机在负载情况下能持续工作的时间和先后顺序。

S1 工作制：指在恒定负载下的运行时间是以达到热稳定的一种连续工作制。

S2 工作制：指在恒定负载上按给定的时间运行，该时间不足以达到热稳定，随之即断能停转足够的时间，使电动机再度冷却到与冷却介质温度之差在 2K 以内。

S3 工作制：指按一系列相同的工作周期运行，每一周期包括一段恒定负载运行时间和一段断能停转时间。

S4 工作制：指按一系列相同的工作周期运行，每一周期包括一段对温升有显著影响的起始时间、一段恒定负载运行的时间和一段断能停转的时间。

S5 工作制：指按一系列相同的工作周期运行，每一周期包括一段起始时间、一段恒定负载运行时间、一段制动时间和一段断能停转时间。

S6 工作制：指按一系列相同的工作周期运行，每一周期包括一段恒定负载运行时间、一段空载运行时间，无断能停转时间。

2. 相数的术语

电动机按使用的电压不同，有单相、三相的区别。

（1）单相

单相是 220V 电压，即相线对零线间的电压，家用电器中所使用的电动机大多为单相电动机。

（2）三相

三相是指 A、B、C 三相相与相之间的电压为 380V。也就是说，三相电是指三相均为相线，相邻相线之间的电压为 380V。三相异步电动机由定子和转子组成，它的定子绕组是三相对称绕组，工作时使用对称的三相电源，只要直接将三相电源接到电动机上，电动机就可以运转。

3. 交流电动机常用术语

（1）功率

功率指电动机能拖动生产设备的能力，单位为 W。电动机功率（W）的大



小与转速和转矩有关，其表达式为

$$P = T \cdot N$$

式中，T 为转矩；N 为转速。其额定输出功率由额定转矩、额定转速决定。

（2）转矩

起动转矩：指电动机在额定电压、额定频率作用下，在起动瞬间所输出的转矩。若负载大于起动转矩，则电动机无法起动。

最大转矩是指电动机在额定电压、额定频率下能产生的最大转矩，最大转矩大于额定转矩。如果负载转矩超过最大转矩，电动机将产生堵转现象。

额定负载转矩是指电动机在额定电压、频率、额定转速时所输出的转矩。

（3）同步转速

电动机的同步转速（r/min）由电动机的本身结构（极数）和电源频率决定。其表达式为

$$N = 120f/p$$

式中，f 为电源频率；p 为电动机极数。

空载转速是指电动机无负载时的转速。

额定转速是指电动机在额定输出功率时的转速。如果因负载过重而导致电动机转速减慢时，即会造成电动机过热，最终会烧坏电动机。

（4）运行状态

电动机的运行状态是否正常，除了要保证正常转速外，还以电动机是否过热来衡量。

短时运行状态是指电动机在额定电压、额定频率下，允许 30min 连续运行，并保证电动机工作安全、可靠。

连续运行状态是指电动机在额定电压、额定频率下，允许连续运行，并保证电动机的工作安全、可靠。

（5）减速器部分

减速比是指减速器输出转速与输入转速之比。

传动效率是指减速器与电动机连接后，转矩增加时的效率，用百分数来表示。传动效率的大小与减速器的齿轮和轴承的质量有关。一般经过一级传动的传动效率为 90% 左右，而经过二级传动的传动效率为 80% 左右。

4. 步进电动机动态指标术语

（1）失步与过冲

失步与过冲是由于励磁频率选择不当，步进电动机不能准确移动到新的位置。负载的实际位置相对于控制器所期待的位置出现误差，即为电动机的失步与

过冲。失步就是漏掉了励磁脉冲，没有运动到指定位置；过冲则与失步相反，是运动超过了指定位置。

（2）定位转矩

指步进电动机在不通电状态下，电动机转子自身锁定的力矩（主要由电磁场齿形的谐波以及机械误差造成的）。

（3）静转矩

指步进电动机在额定静态电流作用下，电动机不作旋转运动时，电动机转轴的锁定力矩。此力矩是衡量电动机本身的几何尺寸的标准。

（4）步距角

指步进电动机对应一个脉冲信号，电动机转子转过的角位移用 θ 表示。$\theta=360°$（转子齿数×运行拍数）。以转子齿为50齿电动机为例，四拍运行时步距角为 $\theta=360°/(50\times4)=1.8°$，俗称整步。八拍运行时步距角为 $\theta=360°/(50\times8)=0.9°$，俗称半步。

（5）失调角

指电动机转子齿轴线偏移定子齿轴线的角度。

（6）步距角精度

指步进电动机每转过一个步距角的实际值与理论值的误差，用百分数表示。不同运行拍数其误差比要求不同，四拍运行时其误差比应小于5%，八拍运行时其误差比应在10%左右，不得大于15%。拍数指完成一个磁场周期性变化所需脉冲数或电动机转过一个齿距角所需脉冲数。

（7）最大空载起动频率

指步进电动机在额定电压、额定电流下，能够直接起动的最大频率。

（8）最大空载运转频率

指步进电动机在额定电压、额定电流下空载运行所能达到最高转速的频率。

（9）共振区

步进电动机的共振区会因步距角的不同而有所差异。对于步距角为1.8°的电动机，其共振区一般在180~250pps之间；而对于步距角为0.9°的电动机，其共振区一般在400pps左右。共振区的偏移又与电压、电流和负载有关。电动机驱动电流越高，电动机电流越大，负载越轻，则共振区会向上偏移，反之亦然。

（10）正反转控制

步进电动机的正转、反转是由电动机绕组的通电时序来控制的。当通电时序为AB-BC-CD-DA或为零时为正转；当通电时序为DA-CA-BC-AB或为零时反转。在正常负载状态，电动机的转速、停止的位置只取决于脉冲信号的频率和脉



冲数，即给电动机加一个脉冲信号，电动机则转过一个步距角。

5. 特种电动机的术语

特种电动机是指可以用于一些特殊场合的电动机，一般用字母和数字表示，其定义分别如下：

（1）EExp、EExd、EExde、EExe、EExnA 代表意义

EExp：正压型电动机；

EExd：隔爆型电动机；

EExde：隔爆增安型电动机；

EExe：增安型电动机；

EExnA：无火花防爆型电动机。

（2）2G、2D、2GD 代表的意义

2G：表示表面气体高防护类别电动机；

2D：表示表面粉尘高防护类别电动机；

2GD：表示表面气体和粉尘高防护类别电动机。

【问答 3】电动机的一般知识有哪些？

电动机是一种将电能转换为机械能的电气设备，但如果将它用在一个机组中，它又是一种驱动部件，在电路中用 M 表示。电动机的基本结构及一般知识如下。

1. 定子

定子是电动机工作时不转动的部分。轮毂式无齿电动机轴叫定子，由于电动机轴位于中心部位，故将这种电动机称为内定子电动机。

2. 转子

转子是电动机工作时转动的部分。轮毂式无齿电动机的外壳叫转子，故又可以称为外转子电动机。

3. 电刷

电刷是一种传输电能的器件。它安装在有刷电动机的换相器表面。电动机转动时，将电能通过换相器输送给绕组。

4. 刷握

刷握是电刷的支架，在有刷电动机内利用刷握来盛装电刷，并起固定电刷位置的作用。

5. 换相器

换相器在有刷电动机里是一种起电流换相作用的器件。换相器具有相互绝缘的条状金属表面。当电动机转动时，条状金属交替接触电刷的正负极，从而实现电动机绕组电流方向的正负交替变化。

6. 磁钢

磁钢是一种高磁场强度的磁性材料，电动机里磁钢一般采用钕铁硼稀土磁钢。

7. 有刷电动机

有刷电动机是电动机上安装有电刷。电动机工作时，绕组和换相器旋转，磁钢和电刷不转，依靠换相器和电刷来完成绕组电流方向的正负交替变化，实现绕组的换相。

8. 无刷电动机

无刷电动机没有电刷和换相器，由控制器提供不同电流方向的直流电来达到电动机里面绕组电流方向的交替变化。

9. 相序

相序就是电动机相位的顺序。

10. 换相

换相是指电动机在运转时，其内部绕组的通电方向需要交替变换，从而达到电动机连续运转。有刷电动机的换相由电刷和换相器共同完成；无刷电动机的换相需通过控制器来完成。

11. 断相

断相是指无刷电动机或控制器的三相电路中，有一相不连通。电动机发生断相后，表现为抖动严重、噪声大，旋转无力或不转动且有“嗡嗡”声。

12. 效率

电动机的效率是指电动机正常工作时，所输出的机械能与消耗电能之比。用字母 η 表示。

13. 温升

温升是指电动机工作时，其电动机端盖温度升高的数值，一般电动机的温升应该不高于环境温度 20℃，如果测得端盖的温度超过环境温度 25℃，则说明电动机有过热现象。

造成电动机温升过高的原因，主要是电动机长时间在大电流下运转、电动机绕组开路或轻微短路、磁钢退磁使电动机效率低等引起的。



14. 起动电流

电动机的起动电流一般为额定电流的 2 倍以上。但如果起动电流过高（超过额定电流 5 倍），则容易烧坏控制器。

15. 无刷电动机霍尔传感器的耗电量

无刷电动机霍尔传感器的耗电量大致在 6～20mW 不等，其电压范围一般在 3～24V。

【问答 4】 电动机的温升和温度的基本概念是怎样的？

温升是电动机与环境温度之差，温度则是电动机在一定情况下某个点的实际温度，通常情况下衡量电动机发热程度是用温升而不是温度，当温升突然增大或超过最高工作温度时，说明电动机已发生故障。

电动机温升过高，往往与电动机的绝缘材料性能、使用环境及散热效果等方面有关。

1. 绝缘材料对温升的作用

采用新型绝缘材料、新型绝缘结构和工艺，特别是高导热的绝缘材料和绝缘结构，将改变电动机热均分布和散热设计，可有效降低电动机绕组的温升。

2. 产生温升的原因

电动机产生温升的原因可以分为两个方面：一是电动机发生了故障；二是使用环境的影响。使用环境与温升的关系如下：

（1）温升与气候的关系

气温下降，温升减少。这是因为电动机在低温下运行时，其绕组 R 下降，直流功耗减少。温度每降低 1℃，R 约降低 4%。

对自冷电动机，环境温度每增 10℃，则温升增加 2℃左右。这是因为电动机在运行中，其绕组直流功耗会随气温上升而增加。

（2）空气湿度与温升的关系

空气湿度高，电动机绝缘材料的导热性能好，空气湿度低，则电动机绝缘材料的导热性能差。根据检测，空气湿度每升高 10%，其温升可降低 0.20℃左右。

（3）海拔与温升的关系

海拔以 1000m 为标准，每升高 100m，温升增加温升极限值的 1% 左右。因此，电动机在高原地区使用时，会受到海拔的限制。

3. 极限工作温度与最高允许工作温度的区别

很多人认为，电动机的极限工作温度就是最高允许工作温度，这是不正确

的。根据常规的说法，使用A级绝缘材料的电动机，其极限工作温度为105℃，最高允许工作温度为90℃。这种说法也不完全准确。因为不同的测量方法，所反映出的数值不一样，其含义也不一样。通常的测温法有以下三种：

（1）温度计测试法

采用温度计测试法测试出的温度为绕组局部表面绝缘层的温度，所得到的数字比绕组绝缘层的实际最高温度（即最热点）要低15℃左右。

（2）电阻测试法

采用电阻测试法，是先测出导体的冷态及热态电阻，再按有关公式计算出平均温度。其测量结果反映的是整个绕组铜线温度的平均值，该数值一般要比实际最高温度低5~15℃。

（3）埋置温度计测试法

一些大型电动机将铜或铂电阻温度计埋置在电动机绕组、铁心或其他所需测量的部件里。其测量出的结果只是反映测温元件接触处的温度。

以上三种测量方法所测得温度值与实际最高温度均存在一定差值，因此需要将绝缘材料的“极限工作温度”减去此差值才是“最高允许工作温度”。

4. 电动机各部位的温度上限值

（1）机壳

机壳温度一般应不超过60℃，可用手试探，以不烫手为准。

（2）铁心

铁心温度，根据绝缘等级的不同，其允许范围分别是A级为60℃，E级为75℃，B级为80℃，F级为100℃，H级为125℃。

（3）轴承

滚子轴承温度不应超过95℃，滑动轴承温度不应超过80℃，超过这个值，则会使油质发生变化，失去润滑作用。

（4）转子

笼型转子表面温度应在100℃左右。有些电动机转子电刷上有不逆变的色漆，若出现漆烧焦现象，则说明温升过高。

5. 电动机温升过高的原因

电动机温升是否过高一般是以环境温度40℃时来衡量的，如果环境温度未超过40℃，而电动机温度超过最大允许工作温度，则说明电动机发生了故障。常见的原因有电网电压太低（低于10%），负载过重（超过10%），电动机与生产设备配合不当，电动机本身有故障（如单相运行、匝间短路、定子接地、转子与定子相擦等），电动机散热不良（如风扇松动、风道阻塞等）等。



【问答 5】什么是磁极数?

电动机的磁极数是指三相异步电动机中，定子绕组在通入交流电源后产生的 N 极和 S 极的数目，一个 N 极加一个 S 极即为一个磁极对。每个电动机每相含有的磁个数就是极数。由绕组的结构形成的。

1. 极数与转速的关系

极数反映电动机的同步转速，由于磁极是成对出现的，所以一般电动机有 2 极、4 极、6 极、8 极之分，极数越小，转速越高。2 极电动机的同步转速为 3000r/min；4 极电动机的同步转速为 1500r/min；6 极电动机的同步转速为 1000r/min；8 极电动机的同步转速为 750r/min。

2. 极数、频率、转速的关系

我国电网工频为 50Hz，则合成磁场的同步转速为 50r/s，即 3000r/min。如果电动机的旋转磁场不止是一对磁场，其转速可按下式得到：

同步电动机的转速 = 极对数 × 频率

异步电动机的转速 = 极对数 × 频率 − 极对数 × 频率 × 转差率

【问答 6】什么是电动机功率因数?

电动机功率因数是反映电动机的管理和使用是否正确合理的一项重要指标。

1. 功率因数的类型

功率因数可分为以下三种类型：

1）自然功率因数是指用电设备没有安装无功补偿设备时的功率因数，其功率因数的高低由用电设备的负载性质来决定。一般电阻性负载（如白炽灯、电阻炉）的功率因数较高，等于 1，而电感性负荷（如电焊机、电动机）的功率因数较低，都小于 1。

2）瞬时功率因数是指在某一瞬间由功率因数表读出的功率因数。

3）加权平均功率因数是指在一定时间段内功率因数的平均值。其时间可以是一个班、一个工作日或一个月。加权功率因数。主要用于对电气设备的利用率和电能消耗提供分析数据。

2. 影响功率因数大小的原因

在两端网络中（与外界有两个接点的电路），消耗的功率是指平均功率，也

称有功功率，电路中消耗的功率 P，不仅取决于电压 V 与电流 I 的大小，还与功率因数有关，而功率因数的大小，又与电路中负载的性质有关。在实际使用中不同的电路性质所获得的功率因数会一样。

（1）电阻性电路

在电阻性负载电路中，其电压与电流的相位差为 0。因此功率因数最大（为 1）。

（2）纯电感电路

在纯电感电路中，电压与电流的相位差为 $\pi/2$，并且是电压超前电流，其功率因数为 0。

（3）纯电容电路

在纯电容电路中，电压与电流的相位差为 $-(\pi/2)$，即电流超前电压，其功率因数都为 0。

（4）一般性负载电路

一般性负载电路是指电感、电容、电阻混合性负载。其功率因数也就介于 0 与 1 之间。

3. 提高功率因数的作用

对于两端网络来说，提高功率因数的作用于以下两个方面：一是可以减少输电线路上的功率损失；二是可充分发挥电力设备的潜力。因为用电电器总是在一定电压 V 和一定功率 P 的条件下工作。如果功率因数过低，就需要增大电流才能保证用电器的正常工作。同时还会因为电流增大，而使输电线路的内阻增大，电压损失增大。因此提高功率因数，不但可以减少输电线路中的功率损失，节约电能，还可以保障用电器的正常工作。

【问答 7】什么是电动机闭环和开环？

简单地讲，电动机闭环和开环是两种不同的控制方式。

1. 闭环

在电动机上装设速度传感器、温度传感器或位移传感器。通过这些传感器把实际信号反馈给控制器，控制器接收到各传感器的信号后与给定信号进行比较，并根据系统的实际要求向电动机输出控制信号（如加速或减速，运行或制动），以对电动机的运行状态进行控制。这种控制方式称之为闭环控制，简称为闭环。



2. 开环

电动机上没有设置检测装置，称为开环控制系统，简称为开环。常见设备中的电动机，一般使用通用变频器，多为开环控制方式。

【问答 8】单相电源与三相电源有什么区别？

单相电源与三相电源的区别在于以下三个方面：

1. 电源线的数量不同

单相电一般是两根线，其中一根是相线，一根是零线；三相电有四根线（或五根线），其中三根是相线，一根是零线（若为五根线时，另一根为保护接地线）。

2. 使用的电压不同

单相电源的电压为 220V；三相电源的电压为 380V。

3. 用途不同

三相电源一般是用于工业、运输业的大型电动机；单相电源一般用于小型机械、小型加工业和家用电器。

发电机发出的电源都是三相的。在三相电源中，每一相与其中性点都可以构成一个单相电路为用户提供电力源。按照规定三相（380V）的民用电源的中性点是不应该在用户端接地的（在变压器端接地），供电方式是一根相线和一根零线（中性点引出）构成电路，在单相三芯的电源插孔中还接有一根接地线。其作用是考虑到漏电保护器功能的实现。

【问答 9】中小容量异步电动机设置有哪些保护装置？

中小容量异步电动机使用环境复杂，因此一般设置有以下三种保护装置。

1. 短路保护

短路保护就是熔断器保护，当电路中发生短路故障时，熔断器熔断，实施保护。

2. 失电压保护

电磁起动器的电磁线圈在起动电动机控制电路中起失电压保护作用。断路器、自耦减压补偿器一般都装有脱扣装置。当电动机因某种原因发生失电压时，保护装置动作，以避免电动机损坏。

3. 过载保护

电动机发生过载时，会引起温度升高，所以在电动机内设置热继电器，起到过载保护的作用。

【问答10】异步电动机是怎样实施保护的？

电动机的保护装置是与控制方式相连的，即保护中有控制，控制中有保护，两者相互合作来实施保护功能。

由于电动机的损坏主要是由于绕组过热和流经绕组的电流过大引起的。所以对电动机的保护装置，目前主要有电流检测型和温度检测型两大类。

1. 电流检测型保护装置

电流检测型保护装置是通过检测电动机绕组流过的电流与额定电流进行比较，做出判断。当因某种原因使电流过大时保护器动作来实现保护的。目前电流检测型保护装置的产品主要有以下6种。

（1）热继电器

热继电器利用负载电流流过经校准的电阻元件，使双金属片加热后产生弯曲，从而使继电器动作。由于热继电器的动作时间早于电动机绕组的允许过载特性，且动作时间准确可靠，所以能起到保护作用。

目前常用的热继电器有ABB公司生产的T系列双金属片式热过载继电器；西门子公司生产的3UA5、3UA6系列双金属片式热过载继电器；JR20、JR36型热过载继电器等。这些继电器除具有温度补偿功能外，还具有断相保护及负载不平衡保护功能。

（2）断路器

带有热-磁脱扣的断路器，其结构及动作原理与热继电器相同。双金属元件受热弯曲后使触点断开，导致断路器断开。这种断路器的电磁铁整定值较高，仅在短路时动作，保护性能可靠。

目前常用的断路器有ABB公司生产的M611型电动机保护断路器；国产DW15型（200～630A）低压万能断路器，S系列（100、200、400）塑壳断路器等。

（3）电子式过电流继电器

电子式过电流继电器通过内部各相电流互感器检测故障电流信号，经电子电路处理后将执行相应的动作，断开电动机的电源，以实施保护。该保护装置具有电子电路变化灵活、动作功能多样和多种保护功能的特点。



1）多种保护功能。常用电子式过电流继电器的保护功能主要有三种：过载保护、过载保护 + 断相保护、过载保护 + 断相保护 + 反相保护。

2）动作时间可选择。它有三种类型的动作时间，适应于不同场合电动机的需要。

标准型（10 级）：$7.2I_n$（I_n 为电动机额定电流），其动作时间为 4 ~ 10s，适用于标准电动机的过载保护。

速动型（10A 级）：$7.2I_n$ 时，其动作时间为 2 ~ 10s，适用于潜水电动机及压缩电动机过载保护。

慢动型（30 级）：$7.2I_n$ 时，其动作时间为 9 ~ 30s，适用于鼓风机电动机及起动时间长的电动机过载保护。

3）电流整定范围广。其电流整定的最大值与最小值之比一般可达 3 ~ 4，可以适应使用于不同场合电动机的需要。

4）具有故障显示功能。使用发光二极管显示出故障类别，向用户提供故障信息，便于维修。

（4）固态继电器

固态继电器已由简单的电子式装置发展到了具有各种功能的微处理器装置。该装置价格较高，一般在一些较大型、较昂贵的电动机或特殊场合使用。它可以对以下 12 种情况进行监视、测量和实施动作保护。

1）最大的起动冲击电流和时间；

2）大惯性负载的长时间加速；

3）热记忆；

4）断相或不平衡相电流；

5）相序；

6）过电流（过载）运行；

7）欠电压或过电压；

8）失载（机轴断裂、传动带断开、泵空吸等造成工作电流下跌）；

9）超速或失速；

10）堵转；

11）电动机绕组温度；

12）负载的轴承温度。

以上 12 种情况均可编入微处理器，微处理器就可以对电动机的起动和运转过程进行控制，当某一现象出现时，保护器动作，切断电源，以保护电动机。

（5）电子式脱扣断路器

电子式脱扣断路器的动作原理与电子式过电流继电器或固态继电器类似。该断路器的功能主要有

1）电路参量显示。如电流、电压、功率、功率因数等，可以即时显示出来。

2）负载监控。按规定投入或切除负载。

3）故障报警。

4）自诊断功能。

5）通信功能。

6）其他功能。指数曲线反时限、定时限或组合等保护特性。

（6）软起动器

软起动器是一种集电动机软起动、软停机、轻载节能和多种保护功能于一体的新颖电动机控制装置。其作用是控制电动机的输入电流或电压按不同的要求而变化，以便实现不同的功能。

2. 温度检测型保护装置

温度检测型保护装置是以检测电动机的温度来实施保护的，通常有以下几种：

（1）双金属片温度继电器

将双金属片温度继电器直接埋入电动机绕组中，感测绕组的温度。当电动机过载使绕组温度升高至接近极限温度值时，双金属片受热产生弯曲，使触点断开而切断电路，电动机停止运转，从而避免绕组烧坏。

（2）热动式过载保护器

热动式过载保护器的动作原理与温度继电器类似，所不同的是它是带有两个触头的碗形双金属片作为触桥串在电动机电路中，当电动机过载时或电动机温度升高时，会使其温度随之升高，当温度达到一定值时，双金属片瞬间反跳动作，触桥断开，切断电动机电流，使电动机停机，从而达到保护的目的。目前常用的热动式过载保护器的产品有 SPB、DRB 等。

（3）检测线圈

将检测线圈埋入电动机定子绕组中，一般每相绕组埋入一个或两个检测线圈，由自动平衡式温度计来监视绕组的温度。

（4）热敏电阻温度继电器

将热敏电阻温度继电器直接埋入电动机绕组中，并与电子检测电路相配合，当绕组温度升高时，热敏电阻阻值升高，使继电器动作，切断电流，使电动机停转，从而达到保护的目的。



【问答 11】什么是高压液态电阻减压起动?

高压液态电阻减压起动装置 QXQ-S 是近年来开发的一种软起动产品。它克服了以往高压笼型电动机起动设备耐压、绝缘、温升、自动控制等存在的缺点。具有智能控制技术成熟、维修少、价位低等优点，目前在笼型电动机和绕线转子电动机中广泛使用。

1. QXQ-S 系列调速装置的结构

QXQ-S 系列调速装置主要由液态电阻系统、冷却系统、自控系统、执行机构等部分组成。

2. QXQ-S 系列调速装置的性能特点

QXQ-S 系列调速装置有继电器型、PLC 型、单片机控制型三种类型产品，它们各具特色。与其他调速方式相比有如下特点:

(1) 使用方便

可以现场操作，又可远距离控制，可实现与计算机的通信，运行安装机动灵活。

(2) 性能可靠

具有液态电阻起动器软起动、软停机功能，可直接方便地起动电动机，特别是高压笼型电动机。

(3) 适应性广

可用于钢铁、石化、冶金、电力、建材、水利、粮食加工和制药行业的风机、水泵、磨机、轧钢等工业用电动机的调速。

(4) 电气性价比高

电气性价比高于其他调速装置。可以为企业节省大量的开支，促进企业经济效益不断提高。

【问答 12】伺服电动机的制动方式有哪几种?

1. 伺服电动机制动方式

伺服电动机按照其制动方式可分为电磁制动、再生制动、动态制动三种。

(1) 电磁制动

电磁制动通过机械装置锁住电动机的轴来实现制动。

(2) 再生制动

再生制动是指伺服电动机在减速或停机时将制动产生的能量通过逆变电路反馈到直流母线，经阻容电路吸收。再生制动的工作是系统自动进行，但必须在伺服电动机正常工作时才能起作用，在发生故障或电源断电等情况下无法制动电动机。

（3）动态制动

动态制动器由动态制动电阻组成，工作时需外部继电器控制。在故障、急停、电源断电时通过能耗制动缩短伺服电动机的机械进给距离来实现制动。动态制动器一般在SV、OFF或主电路断电后起动，否则可能会造成动态制动电阻出现过热现象。

2. 选择配件时应注意的事项

1）对于传送装置、升降装置，要求伺服电动机能尽快停机，所以应选择动态制动方式的伺服电动机。

2）对于需要维持机械装置的静止位置的系统，其停止时间较长，应选择带电磁制动的伺服电动机。

【问答13】电动机绝缘漆有哪些？

电动机使用的绝缘漆按其用途可分为浸渍漆、漆包线漆、覆盖漆、硅钢片漆、防电晕漆和表面防锈漆等六种。其作用和质量要求如下：

1. 浸渍漆

浸渍漆是用于浸漆电动机绕组的一种绝缘漆。将绕制好的电动机绕组浸入漆液中，以充填其间隙和微孔，使之相互绝缘，且固化后能在其表面形成连续的漆膜，形成一个坚硬的整体。浸渍漆可分为有溶剂漆和无溶剂漆两大类，在质量上必须达到如下要求：

1）黏度低，固体含量高，流动性好，便于渗透和充填被浸渍物。

2）干燥性能好，固化快，粘结力强，固化后能经受电动机转动的离心力。

3）耐热、耐潮、耐油等电气性能和化学稳定性能达到要求。

4）对导体和其他材料具有良好的相容性。

2. 漆包线漆

漆包线漆是用于涂覆漆包线表面的一种绝缘漆。以修复导线在绕制、嵌线等过程中因受热、受化学危害和机械力所带来的损伤。其质量要求如下：

1）涂覆性能好，能均匀涂覆。

2）漆膜附着力强，表面光滑有韧性，能经受一定的摩擦。



3）具有良好的电气性能、耐热、耐溶性能达到要求，对导体无腐蚀作用。

3. 覆盖漆

覆盖漆是用于涂覆经浸渍处理的绕组和绝缘零件的一种绝缘漆，以防止设备绝缘层受机械损伤以及大气、化学物品的侵蚀，提高表面绝缘强度。覆盖漆有多种类型，不同类型的覆盖漆其使用范围也不一样。

按树脂类型分为醇酸漆、环氧漆和有机硅漆三种。其中，环氧漆具有耐潮性、耐霉性、内干性和附着力好，漆膜硬度高等优点，广泛用于潮热地区电动机部件的表面涂覆；有机硅漆具有耐热性高，可作为 H 级电动机部件的覆盖漆；醇酸漆在电动机中使用较小。

按填料可分为含填料和不含填料两种。其中，不含填料和颜料的称为清漆，含填料和颜料的称为磁漆。清漆的电气性能好，多用于绝缘部件的内表面涂覆；而磁漆漆膜硬度大，导热、耐热和耐电弧性能好，多用于绕组表面和金属零件表面涂覆。

按干燥方式分为晾干漆和烘干漆两种。其中，烘干漆性能比晾干漆性能好，使用较广泛，而一些大型设备和不宜烘干的部件只有涂覆晾干漆。

4. 硅钢片漆

硅钢片漆是用于涂覆硅钢片表面的一种绝缘漆。其作用是降低铁心的涡流损耗，增强硅钢片的防腐蚀能力。其质量要求涂层薄且均匀、附着力强、坚硬、电气性能良好。

5. 防电晕漆

防电晕漆是用于涂于高压电动机绕组端部或石棉带（或玻璃带）表面的一种绝缘漆。防电晕漆一般由绝缘清漆和非金属导体混合而成，其质量要求是防电晕漆表面电阻率稳定、附着力强、耐磨性能好、干燥速度快、易贮存等。涂覆时应与主绝缘一次成型。

6. 表面防锈漆

防锈漆涂覆于电动机壳体表面，用于防锈、防腐。

【问答 14】电动机型号的命名方式是怎样的？

电动机型号比较复杂，其命名方式也比较多，目前统一的型号命名方式由产品代号、规格代号、特殊环境代号、补充代号四个部分组成，中间用一短线连接。在四个组成部分中，第一、二部分不可缺少。若缺少第三部分，即由第四部分往前跟上。有些产品型号较长，如产品代号、规格代号、特殊环境代号和补充

代号均齐全，在数字和字母之间不会引起混淆的情况下，可省去中间的短线。

我们可以将全型号名称分为两个部分来进行理解。

1. 产品代号

产品代号由类型代号、特点代号、设计序号、励磁方式代号、产品名称代号五部分组成。

（1）类型代号

类型代号用汉语拼音字母表示：Y 为异步电动机（包括笼型电动机和绕线转子电动机）、同步电动机、交流换向电动机。

（2）特点代号

特点代号用汉语拼音字母表示。通常有防爆类型电动机和其他类型电动机。其中，防爆类型电动机有 A 增安型、B 隔爆型、ZY 正压型，这些字母标于在电动机特点代号的首位，紧接在电动机类型代号的后面。对于其他代号，如产品设计序号用阿拉伯数字表示，并标注于防爆代号的后面。对于第一次设计的产品，不标注设计序号。由基本系列派生的产品，其设计序号按基本系列标注；专用系列产品则按本身设计的序号标注。

（3）励磁方式代号

励磁方式代号采用汉语拼音字母标注。其中，S 表示三次谐波励磁；J 表示晶闸管励磁；X 表示相复励磁。励磁方式代号一般标注在设计序号之后。但大多数生产厂家不标注励磁方式代号。

（4）产品名称代号

SYT：铁氧体永磁直流伺服电动机

SYX：稀土永磁直流伺服电动机

SXPT：铁氧体永磁线绕盘式直流电动机

SXPX：稀土永磁线绕盘式直流电动机

SWT：铁氧体永磁无刷直流伺服电动机

SWX：稀土永磁无刷直流伺服电动机

SN：印制绕组直流伺服电动机

SR：开关磁阻电动机

YX：三相异步电动机

2. 规格代号

规格代号包括中心高、机座号、机座长度、铁心长度、凸缘代号和极数等。

（1）机座长度

采用英文缩写表示，S 表示短机座，M 表示中机座，L 表示长机座。



（2）铁心长度

铁心长度按由短到长的顺序用数字 1、2、3、4 等表示。

（3）凸缘代号

凸缘代号采用英文缩写表示，如 FF 表示凸缘上带通孔，FT 表示凸缘上带螺孔。

3. 特殊环境代号

特殊环境代号表示电动机能适应的环境条件，户外用 W 表示、高原用 G 表示、海上用 H 表示、化工防腐用 F 表示、热带用 T 表示、湿热带用 TH 表示、干热带用 TA 表示。

【问答 15】 电动机的机型系列是怎样表示的?

各生产厂家对电动机的系列均采用汉语拼音字母表示，常见机型的表示方式含义如下：

Y 系列全称为全封闭自扇冷式三相笼型异步电动机。该系列电动机使用非常普遍。

YS 系列三相异步电动机是一种小型、接线盒设置在电动机顶部的电动机，常用于小型机床、泵、压缩机的驱动。

YT 系列三相异步电动机，常用于风机驱动，是风机的理想配套产品。

YD 系列三相电动机是一种多速产品，一般有 4/2 极、8/6 极、8/4/2 极、6/4 极、12/6 极、8/6/4 极、6/4/2 极、12/8/6/4 极等。

YL 系列为双值电容单相异步电动机，它有两个电容。

TC 系列为单相电容起动异步电动机。

YY 系列为单相电容运转异步电动机。

YSF 系列三相异步电动机，是风机专用电动机。在结构上采取了减振、降噪等措施。该系列电动机具有噪声低、起动性能好、运行可靠、高效节能等优点。

YCT 系列为电磁调速电动机，它是通过改变励磁电流大小的方法来调节输出轴力矩和转速的。该系列电动机对于起动力矩大、惯性大的负载有缓冲起动的作用，适应于鼓风机和泵类负载的场合使用。

YP2 系列为变频调速三相异步电动机，它可以通过改变电源频率，使电动机平滑地运转。它具有调速范围广、精度高、运行平稳、操作方便、节省能源等优点。YP2 系列电动机在冷却方式分为自扇冷却和外置风扇冷却两种。

YZO 系列电动机，是一种交流异步电动机。专门为振动设备配套设计的。

它具有起动迅速、停机平稳、振频稳定、振动力可无级调整、体积小、重量轻、适用于多方位安装、全封闭式结构等优点。

YLZC 系列电动机，是一种为冷却塔专用电动机。该系列电动机在结构上采取了一系列的减振、降噪、防水、防潮措施。外壳防护等级为 IP45（或 IP55），具有运转平稳、效率高、噪声低、防水、防潮等优点。

YXF 系列电动机，是一种为高温消防排烟风机配套的专用电动机。该系列电动机设计制造精密，电动机外壳与烟气完全隔离，内置独立的冷却通路，具有连续输送 300℃高温烟气 30min 的工作能力。

YZS 系列电动机，是一种为注塑机相配套的专用电动机。该系列电动机除具有 Y 系列电动机的基本特性外，还具有噪声低、过载能力强等特点。

YZR 系列电动机，是一种绕线转子三相异步电动机（又称滑动电动机）。该系列电动机专为冶金起重设备配套使用。具有过载能力强、工作效率和功率因数高等特点。

CXT 系列电动机，是一种永磁三相同步电动机。该系列电动机采用新型稀土永磁材料制造，具有起动性能好、工作效率高、功率因数高（可达 95% 以上）、过载能力强等优点。适应于矿山、石油、化工、纺织等长期负荷运行设备的配套使用。

【问答 16】三相异步电动机的调速方式及其特点是怎样的？

三相异步电动机常用的调速方式有 6 种，不同调速方式的特点如下：

1. 变极对数调速

变极对数调速方法是通过改变定子绕组的接线方式来改变电动机定子极对数来实现调速的，它具有四大特点：

1）机械强度高，运行稳定；

2）无转差损耗，工作效率高；

3）结构简单，控制方便；

4）可以与调压调速、电磁转差离合器配合使用，实现平滑调速。

一般金属切削机床、起重设备、升降机、风机、水泵配套的笼型电动机都采用变极对数调速方式。

2. 串级调速

串级调速是在绕线转子电动机转子电路中串入可调节的附加电动势来改变电



动机的转差率，达到调速的目的。大部分转差率被串入的附加电动势所吸收，再利用产生附加的装置，把吸收的转差功率返回电网或转换能量加以利用。串级调速方式通常有三种电动机串级调速、机械串级调速和晶闸管串级调速。在实际使用中，采用晶闸管串级调速较多。串级调速方式具有以下特点：

1）可将调速过程中的转差损耗回馈到电网或生产机械上，从而提高了电能使用效率。

2）装置容量与调速范围成正比，可以与大多数生产机械配套使用。

3）当调速装置发生故障时可以切换至全速运行，避免停产。

一般轧钢机、矿井提升机、挤压机、特殊场合的抽送风机所配套的原电动机采用串级调速方式。

3. 串电阻调速

串电阻调速是在绕线转子异步电动机转子串入附加电阻，使电动机的转差率加大，电动机在较低的转速下运行。串入电阻的规格根据生产设备所需转速来决定，串入的电阻越大，电动机的转速变得越低。该调速方式具有设备简单，控制方便的优点。

4. 调压调速

定子调压调速就是通过改变电动机定子电压来改变转速的一种方法。由于电动机的转矩与电压的二次方成正比，因此此方法只能在转子电阻值很大的笼型电动机上应用，一般笼型电动机难以应用。

调压调速需要提供一个能使电压发生变化的装置，目前常用的调压方式有饱和电抗器调压、自耦变压器调压以及晶闸管调压等几种。在实际使用中，采用晶闸管调压的较多。

调压调速具有线路简单、易实现自动控制的优点。但由于调压过程中转差率以发热形式消耗在转子电阻中，因此效率较低。

5. 变频调速

变频调速是通过改变电动机定子电源的频率，来改变其同步转速的一种方法。变频调速需通过一个变频器来完成。变频器有交流-直流-交流和交流-交流两种类型，目前国内使用变频器均为交-直-交变频器。

变频调速是近几年开发的一种新技术，它具有以下特点：

1）调速范围大，精度高。

2）调速过程中没有附加损耗，效率高。

3）应用范围广，可用于笼型异步电动机。但对配套机械的精度有较高的要求。

6. 液力耦合器调速

液力耦合调速是采用耦合器来完成的。耦合器的由泵轮和涡轮组成，安放在一个密封壳体中。壳中充入一定量的液体，当泵轮在原动机带动下旋转时，处于其中的液体受叶片推动而旋转，在离心力作用下沿着泵轮外环进入涡轮时，就在同一转向上给涡轮叶片的推力，使其生产机械运转。由于液力耦合器的动力输出能力与壳内相对充液量的大小是一致的，因此，改变壳体内的充液率就可以改变耦合器的涡轮转速，从而达到调速的目的。液力耦合调速具有以下特点：

1）结构简单，尺寸小，使用方便。

2）适应范围大，可满足从几千瓦至几十千瓦不同功率的需要。

3）控制方便，容易实现自动控制。适应于风机、水泵等配套机械的调速。



第 2 章　电动机的种类与特性

【问答 1】电动机怎样分类？

电动机的分类方法有多种。

1. 按工作电源分类

根据电动机工作电源的不同，可分为直流电动机和交流电动机两大类。其中交流电动机又分为单相（220V）电动机和三相（380V）电动机。

2. 按结构及工作原理分类

按结构及工作原理可分为异步电动机和同步电动机两大类，其中，异步电动机可分为感应电动机和交流换向器电动机。感应电动机又分为三相异步电动机、单相异步电动机和罩极异步电动机、交直流两用电动机和推斥电动机。

同步电动机按其性能可分为磁阻同步电动机、磁滞同步电动机、永磁同步电动机三种。按其转子结构又可分为凸极式同步电动机和隐极式同步电动机。

3. 按转子结构分类

按转子结构可分为笼型异步电动机和绕线转子异步电动机两种。

4. 按起动与运行方式分类

按起动与运行方式可分为电容起动式电动机、电容起动电动机、电容起动运转式电动机和分相式电动机四种。

5. 按运行速度分类

按运行速度可分为高速电动机、低速电动机、恒速电动机和调速电动机四种。其中，低速电动机又分为齿轮减速电动机、电磁减速电动机、力矩电动机和爪极式同步电动机；调速电动机可分为有级恒速电动机、无级恒速电动机、有级变速电动机和无级变速电动机。按照其调速方式又可分为变极调速电动机、变频调速电动机、串级调速电动机、串电阻调速电动机、电磁调速电动机、液力耦合器调速电动机和调压调速电动机等。

6. 按用途分类

按用途可分为驱动电动机和控制电动机两大类。

驱动电动机又分为生产设备驱动电动机、电动工具驱动电动机、家用电器驱动电动机、小型机械设备驱动电动机等。

控制电动机又分为步进电动机、伺服电动机、开关磁阻电动机、力矩电动机等。

7. 按整机形状分类

按整机形状可分为卧式电动机、立式电动机、带底脚电动机、带凸缘电动机等。

8. 按绝缘等级分类

按绝缘等级可分为 E 级电动机、B 级电动机、H 级电动机、C 级电动机等。

【问答 2】各类电动机的技术性能及其应用范围是怎样的？

目前常用的电动机按其性能和使用范围有功率电动机、控制电动机、速度信号电动机三种。不同种类电动机的基本性能和使用范围如下：

1. 功率电动机

（1）直流电动机

直流电动机可分为有换向器和无换向器两大类，由于具有较好的控制特性，调速性能好，起动容易，能够载重起动等优点，目前仍然应用广泛。特别是晶闸管直流电源出现以后，为直流电动机的使用提供了条件。所以说，直流电动机在控制系统中有很大的应用潜力。

（2）异步电动机

异步电动机是一种交流电动机，它是基于气隙旋转磁场与转子绕组感应电流相互作用产生电磁转矩而实现能量转换的。

异步电动机具有结构简单，制造成本低，使用、维护方便，运行可靠等特点，并且异步电动机还具有较高的运行效率和较好的工作特性，从空载到满载都可以接近恒速运行，能满足大多数生产机械的传动要求。

目前异步电动机品种、规格繁多，且一般都为系列产品。其常见的产品有单相异步电动机和三相异步电动机两种，它们广泛用于驱动水泵、机床、鼓风机、压缩机、起重机、矿山提升机械、轻工机械、工业制造、农副产品加工、家用电器在和医疗机械等。其中一些微型和小容量电动机，如家用电器中的电扇、电冰箱、空调、吸尘器以及农副产品加工中的搅拌机、微型设备等所配套的均为单相异步电动机。



（3）同步电动机

同步电动机使用交流电源，又以三相为主体。同步电动机的定子与异步电动机完全一样，但转子有凸极式和隐极式两种，同步电动机通过交流电后，转子与定子的旋转磁场同步运行。

不同转子的同步电动机其特性使用场合不一样。凸极式转子同步电动机，结构简单，制造成本低，但机械强度较低，适应于低速运转的场合；隐极式转子同步电动机，制造工艺复杂，但机械强度高，适用于高速运转的场合。

同步电动机主要用于大型机械的动力配套，如轧钢机、压缩机、鼓风机、球磨机、水泵、微型仪器设备或者充当控制元件。在供电系统中，可以当调相机（能够专门发出或吸收电网无功功率的同步电动机）使用，向电网输送电感性或电容性无功功率。

2. 控制电动机

（1）伺服电动机

伺服电动机常用于各种控制系统中，能将输入的电压信号转换为电动机轴上的机械输出量，拖动被控制元件，从而达到控制目的。

伺服电动机有直流和交流之分。两种类型的伺服电动机各具有不同的特点。

直流伺服电动机就是小功率的直流电动机，其励磁多采用电枢控制和磁场控制，其机械特性能够满足控制系统的要求。但由于换向器的存在，在工作中换向器与电刷之间容易产生火花，不能应用于有可燃气体的场合。

交流伺服电动机本质上是一种两相异步电动机，其控制方式有幅值控制、相位控制和幅相控制三种。

不论是直流伺服电动机还是交流伺服电动机都必须达到以下要求：

1）电动机的转速应受所加电压信号的控制；

2）转速能够随着所加电压信号的变化而连续变化；

3）电动机体积要小、反应快。

（2）步进电动机

步进电动机（见图 1-4）在结构上除配置一个步进驱动器外，与普通电动机没有多大区别，只是其脉冲驱动的形式不同而已。从原理上，我们可以将步进电动机看做一种将电脉冲转化为角位移的执行机构。当步进驱动器接收到一个脉冲信号，它将驱动步进



图 1-4　步进电动机

电动机按设定的方向转动一个固定的角度。通过控制脉冲的个数来控制电动机的角位移量，从而达到精确定位的目的。同时还可以通过控制脉冲频率来控制电动机转动的速度，实现调速控制。

步进电动机具有结构简单、可靠性能高、制造成本低等优点，但也存在一些缺点，如低速转动时有较大的振动和噪声。

步进电动机有多种形式，目前常用的步进电动机有反应步进电动机（VR）、永磁步进电动机（PM）、混合步进电动机（HB）以及单相步进电动机等。这些步进电动机一般应用在控制精度要求不是特别高的场合，如数控机床、自动输料系统、通用软盘驱动器、打印机和绘图仪等。

（3）力矩电动机

力矩电动机（见图1-5）是利用在电枢增加槽数、换向片数和串联导体数，来降低转矩脉动和转速脉动，而实现减速的。根据使用的电源不同，力矩电动机有直流力矩电动机和交流力矩电动机之分。



图1-5　力矩电动机

直流力矩电动机实际上是一种永磁直流电动机，它具有以下优点：

1）自感电抗很小，响应性能好；

2）输出力矩与输入力矩成正比，与转子的速度和位置无关；

3）可以在接近堵转状态下直接和负载连接；

4）由于不使用齿轮减速，所以无误差，可以实现精确控制。



交流力矩电动机又可分为同步力矩电动机和异步力矩电动机两种，目前常用的是笼型异步力矩电动机，它具有低转速和大力矩的特点。但由于笼型转子的电阻较大，机械特性较软，所以使用范围较小，在纺织工业中一般都使用交流力矩电动机。

（4）开关磁阻电动机

开关磁阻电动机（见图 1-6）是一种新型的调速电动机，它是利用磁阻原理来实现调速的，其结构简单、制造成本低、调速性能可靠，在控制电动机的应用上具有很广阔的市场前景。

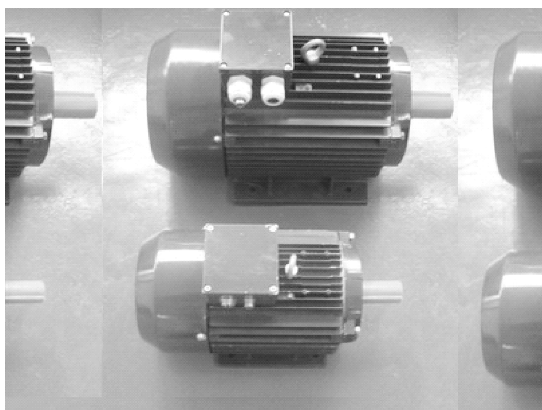


图 1-6　开关磁阻电动机

【问答 3】直流电动机有哪些种类？

直流电动机一种将直流电能转换成机械能的装置，根据励磁方式的不同，可以分为他励直流电动机、并励直流电动机、串励直流电动机、复励直流电动机四种类型。四种类型的直流电动机的接线具有不同的特点。

1. 他励直流电动机

他励直流电动机的励磁绕组和电枢绕组分别由两个直流电源供电，其接线方式如图 1-7 所示，图中 M 表示电动机。由于励磁绕组采用独立的励磁电源供电，所以励磁电流恒定，起动转矩与电枢电流成正比。

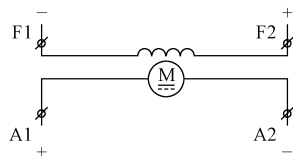


图 1-7　他励直流电动机的接线方式

由于励磁绕组与电枢绕组在供电方面没有联系，因此励磁电流不受电枢端电压或电枢电流的影响。他励直流电动机转速变化为 10%

左右，可以通过削弱磁场恒定功率来提高转速，也可以通过降低转子绕组的电压来降低转速。

2. 并励直流电动机

并励直流电动机的励磁绕组与电枢绕组并联，其接线方式如图 1-8 所示。由于采用一个直流电源供电，其励磁电流较恒定，起动转矩与电枢电流成正比，起动电流为额定电流的 2.5 倍左右，转速变化率较小。可通过削弱磁场的恒功率进行调速。

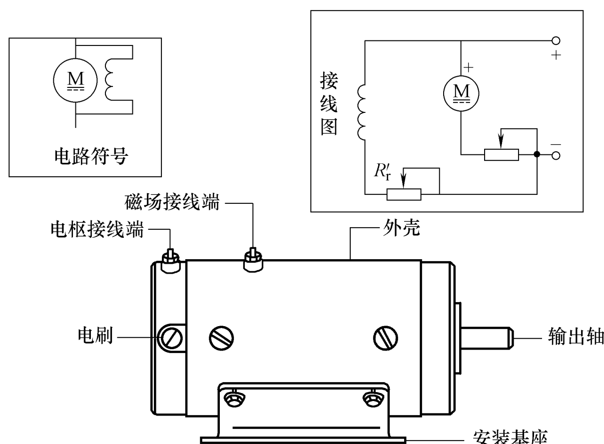


图 1-8　并励直流电动机

3. 串励直流电动机

串励直流电动机的励磁绕组与电枢绕组串联后，再接于直流电源，这种直流电动机的励磁电流就是电枢电流。其接线方式如图 1-9 所示。由于串励直流电动机的励磁绕组与转子绕组之间通过电刷和换向器串联，励磁电流与电枢电流成正比，定子的磁通量随着励磁电流的增大而增大，转矩近似与电枢电流的二次方成正比，转速因转矩或电流的增加而下降。其起动转矩可达额定转矩的 5 倍以上，转速变化率较大，空载转速较高，所以不允许空载下运行。该电动机可通过外用电阻器与串励绕组串联（或并联）进行调速，也可以将串励绕组并联换接实现调速。

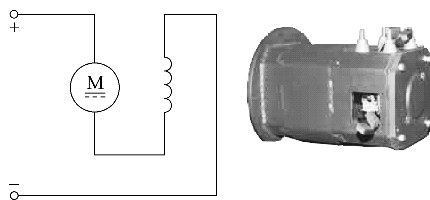


图 1-9　串励直流电动机

4. 复励直流电动机

复励直流电动机有并励和串励两个励磁绕组，其接线方式如图 1-10 所示。



若串励绕组产生的磁通势与并励绕组产生的磁通势方向相同称为积复励。若两个磁通势方向相反，则为差复励。

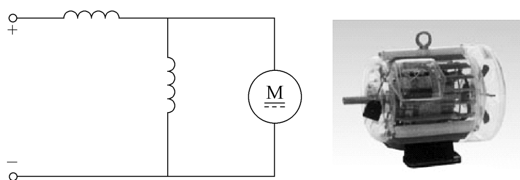


图 1-10　复励直流电动机

复励直流电动机的起动转矩为额定转矩的 4 倍左右，转速变化率为 25% 左右。可通过削弱磁场强度来调整转速。

【问答 4】永磁直流电动机的基本结构是怎样的？

永磁直流电动机主要由定子、转子、换向器、端盖、外壳等部分组成，其基本结构如图 1-11 所示。定子一般采用铁氧体永磁铁或铝镍钴永磁铁制成，转子一般采用硅钢片叠压成开槽铁心，槽中嵌有导线，形成转子绕组。换向器安装在转子轴上。换向器与转子的结构如图 1-12 所示。

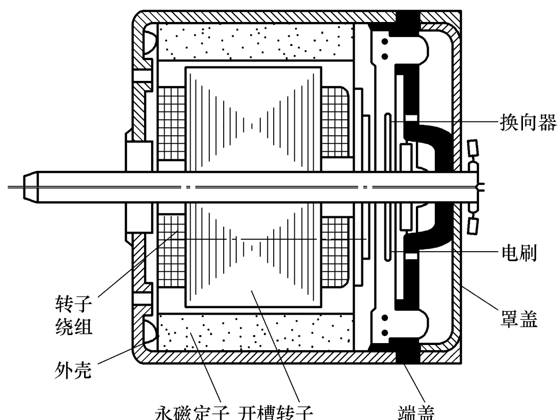


图 1-11　永磁直流电动机结构

永磁直流电动机的基本原理是，当电动机通以直流电源时，电流由电刷通过换向器送到转子绕组，从而与定子磁通相互作用，产生电磁力，使转子不断地旋转。

直流永磁电动机有多种系列，常用的有 M 系列铝镍钴系列永磁电动机，其

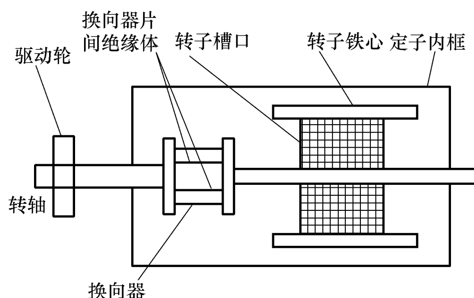


图 1-12　换向器与转子的结构

使用电压为 6 ~ 24V，转速有 3000 ~ 9000r/min 不等。主要用作工业仪器等仪表、医疗设备、军用器械等小功率直流驱动元件。

【问答 5】什么是单极直流电动机?

单极直流电动机是一种电枢导电部分始终工作于单一极性磁场中，低电压大电流无换向器的直流电动机。

单极直流电动机，电压只有几伏或十几伏，而电流可达几百安培、几千安培，甚至上万安培。当两个环形励磁绕组通以直流电时，电动机气隙的整个圆周上将产生单一极性的磁场。当转轴带动圆筒形铜质电枢旋转时，电枢轴向两端即产生电动势，此电动势由电刷从电枢两端引出。电刷只是起引出电流的作用，无换向作用，所以电动势的方向是固定不变的。由于电流很大，电刷的接触损耗大，磨损快，所以采用接触电压较小的铜-石墨电刷，或采用汞、钠钾合金等液态金属做电刷。

单极直流电动机具有以下特点：

1）由于其电枢是一个铜环，无需做绝缘处理，且耐高温；

2）结构简单、维护方便；

3）性能可靠。

单极直流电动机在冶炼及化学行业中，常作为泵或风机动力使用。

【问答 6】异步电动机的特点及应用范围有哪些?

异步电动机以交流电作为电源，在运行时，定子绕组接到交流电源上，转子绕组自身短路，由于电磁感应的关系，在转子绕组中产生电动势、电流，从而产



生电磁转矩。所以异步电动机又称为感应电动机。

1. 异步电动机的类型

异步电动机有多种分类方法：

1）按定子相数可分为单相异步电动机、两相异步电动机、三相异步电动机。

2）按转子结构可分为绕线转子异步电动机、笼型异步电动机。其中又包括单笼型异步电动机、双笼型异步电动机、深槽式异步电动机。

3）按有无换向器可分为换向器异步电动机、无换向器异步电动机。

4）按定子绕组上所加电压大小可分为高压异步电动机、低压异步电动机。

5）按照其起动和运行方式可分为高起动转矩异步电动机、高转差率异步电动机、高转速异步电动机。

2. 异步电动机的特点

异步电动机具有结构简单、容易制造、价格低廉、运行可靠、运行效率高、适用性广、使用寿命长等优点。但由于异步电动机运行时，必须从电网中吸收无功功率，因此其功率因数较差。

3. 异步电动机的应用范围

异步电动机可以作电动机使用，也可以作发电机使用。

在作电动机使用时，常用于中小型轧钢设备、各种金属切削机床；矿山提升机械、运输设备、排水机械；农业排灌水泵、脱粒机、粉碎机、磨粉机、农副产品加工设备；民用空调、洗衣机、电风扇、电冰箱等。

在作发电机使用时，常用于电网尚未到达的地区，又无同步发电机的情况，也可用于风力发电机等特殊场合的发电。

【问答 7】 三相异步电动机有哪些类型？

三相异步电动机有多种分类方法：

1. 按转子结构形式分类

按转子结构形式可分为笼型异步电动机和绕线转子异步电动机。

2. 按冷却方式分类

按通风冷却方式可分为自冷式三相异步电动机、他冷式三相异步电动机、自扇冷式三相异步电动机、管道通风式三相异步电动机。

3. 按安装结构分类

按安装结构可分为卧式三相异步电动机、带凸缘式三相异步电动机。

4. 按绝缘等级分类

按绝缘等级可分为E级、B级、F级、H级三相异步电动机。

5. 按防护形式分类

按防护形式可分为开启式（IP11）三相异步电动机、防护式（IP22、IP23）三相异步电动机、封闭式（IP44）三相异步电动机、防爆式三相异步电动机。

不同类型三相异步电动机的适应范围如下：

1）开启式：由于转子暴露在外，只能用于干燥、无灰尘、无腐蚀性气体、无爆炸性气体的场合。

2）防护式：可防止水滴、铁屑等异物落入机内，且散热条件也较好，只适用于较干燥且灰尘不多，无腐蚀气体和爆炸性气体的场合。

3）封闭式：电动机由整体铁壳封装，可以在潮湿、多尘、有腐蚀气体的工作环境下使用，应用比较普遍。

4）防爆式：对于有爆炸性气体的场合，必须使用防爆式电动机，其防爆等级还应经有关技术部门定时检测。

【问答8】交流同步电动机有哪些种类？

交流同步电动机是一种使用交流电源的恒速电动机，其特点是稳态运行时，转子的转速和电网频率之间有不变的关系 $n_s = 60f/p$，n_s 称为同步转速（r/min），f 为电源频率（Hz），p 为电动机的磁极对数。在我国，电源频率为50Hz，所以2极电动机（1对磁极）的同步转速为3000r/min，4极电动机（2对磁极）的同步转速为1500r/min。也就是说，若电网的频率不变，则稳态时间同步电动机的转速恒为常数而与负载的大小无关。常见的交流同步电动机有以下三种类型：

1. 永磁同步电动机

永磁同步电动机其磁场系统由一个或多个永磁体组成，通常是在用铸铝或铜条焊接而成的笼型转子内部，按所需的极数装镶有永磁体的磁极，定子结构与异步电动机类似。所以永磁同步电动机又称为异步起动永磁同步电动机。

当定子绕组通电后，电动机先按异步电动机起动运转，加速运转至同步转速时，由转子永磁磁场和定子磁场产生的同步电磁转矩将转子引入同步，电动机进入同步运行。

2. 磁阻同步电动机

磁阻同步电动机是由笼型异步电动机演变而来的，其定子结构中与异步电动机的定子极数相对应的反应槽，用来产生磁阻同步转矩。



磁阻同步电动机转子上开设反应槽有两种结构形式，一种是将反应槽开设在转子内部，称为内反应式转子；一种将反应槽开设在转子的外圆，称为外反应式转子。

磁阻同步电动机一般为单相电源，常见的结构有单相电容运转式、单相电容起动式、单相双值电容式等多种类型。

3. *磁滞同步电动机*

磁滞同步电动机（见图 1-13）是一种利用磁滞材料产生磁滞转矩而工作的同步电动机。它的特点是在转子的铁心上设置有磁化材料。



图 1-13　磁滞同步电动机

磁滞同步电动机又分为内转子式磁滞同步电动机、外转子式磁滞同步电动机和单相罩极式磁滞同步电动机几种。

当定子绕组通电后，产生的旋转磁场使转子起步转动，开始为异步运转，定子旋转磁场以转差频率反复地磁化转子，当转子上的磁滞材料被磁化而出现永磁极后，便产生同步转矩，从而使电动机进入了同步运转的状态。

【问答 9】 同步电动机与异步电动机有什么区别?

同步电动机和异步电动机都是常用的交流电动机，但由于结构不同，它们之间的起动、运行和吸磁方式等方面又存在一定区别。

异步电动机是依靠定子磁场在转子里产生的电流反过来切割定子旋转磁场，产生电磁转矩而使电动机旋转，又由于转子和定子之间始终有转速差，依靠这个转速差来维持电动机运行。

同步电动机与电源频率成一定比例，只要电源频率不变，其转速就保持恒定。例如，一对极的电动机，在 50Hz 的情况下的转速是 3000r/min。在同步电

动机里，定子和转子之间没有相对运动，也就是转子并没有切割定子的磁力线，即定子和转子是在相同速度的情况下运行。一般情况下，定子里面是三相交流电流，而转子里面是直流电，转子里的直流电会产生一个极性固定不变的磁场，当定子的交流电流产生旋转磁场时，转子就会根据同性相斥，异性相吸的原理和定子磁场一样的速度旋转。因此，同步电动机的定子和转子之间没有转速差。

【问答10】永磁同步电动机与异步电动机各有什么优缺点？

稀土永磁同步电动机与异步电动机的最大区别在于结构不同、励磁方式不一样。

异步电动机实际上是一种感应电动机，它的励磁电流是由定子（也即是相当于变压器一次侧）电流的励磁分量提供，必须将极数做成大于20极以上，才能达到低速运转。电动机极数越多，则励磁电流分量越大，对于大于20极的电动机，励磁电流与有功电流之比为（0.95:1）~（125:1）之间。因此，其功率因数很低，并使配置的变频器容量也随之增加。同时，由于合成的定子电流增加很快，还会使定子直流功耗增大，而使电动机的效率降低。

永磁同步电动机的励磁是由永磁铁来实现的，不需要定子额外提供励磁电流。因而电动机的功率因数可以达到1，而定子电流低于同容量异步电动机30%左右，定子铜损耗低于同容量异步电动机的40%左右。由于永磁同步电动机的转子无电流通过，因此，其电流损耗比同容量的异步电动机低50%左右。另外，由于永磁同步电动机的体积和重量一般比同容量异步电动机小35%左右，因此使用更方便。

【问答11】伺服电动机具有哪些特性？

伺服电动机（又称执行电动机，见图1-14）是一种功率很小的微型特种电动机。其功能是将电信号转换成转轴的角位移或角速度，常用于控制系统中。伺服电动机的功率一般在0.1~100W，也有交流和直流之分。

1. 交流伺服电动机

交流伺服电动机的转子常做成笼型，转子有两种结构形式：一种是采用高电阻率的导电材料做成的高电阻率导条的笼型转子；另一种是采用铝合金制成的空心杯形转子，杯壁很薄，仅为0.2~0.3mm，为了减少磁路的磁阻，要在空心杯



形转子内放置固定的内定子。空心杯形转子的转动惯量很小，反应迅速，而且运转平稳。

交流伺服电动机也是无刷电动机，又分为同步和异步两种，目前应用在控制系统中一般都是同步电动机。

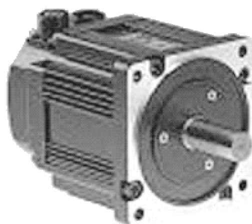


图 1-14 伺服电动机

2. 直流伺服电动机

直流伺服电动机的结构和一般直流电动机一样，所不同的是，为了减少转动惯量而将其做得细长一些。它的励磁绕组和电枢分别由两个独立电源供电，直流伺服电动机也有永磁式的，即磁极是永磁铁。通常采用电枢控制，就是励磁电压一定，建立的磁通量也是定值，而将控制电压加在电枢上。

直流伺服电动机又分为有刷和无刷两种，有刷电动机制造成本低、结构简单、起动转矩大、调速范围宽、控制容易、维护方便，但会产生电磁干扰，对环境有一定要求，适用于普通工业和民用场合。

无刷伺服电动机响应速度快、速度高、惯量小、转动平滑、力矩稳定、控制复杂、容易实现智能化。

伺服电动机是伺服系统的主要器件，到目前为止，高性能的电伺服系统大多数采用永磁同步交流伺服电动机，控制驱动器多采用快速、准确定位的全数字位置伺服系统。伺服电动机内部的转子是永磁铁，驱动器控制的 U/V/W 三相电形成电磁场，转子在此磁场的作用下转动，同时电动机自带的编码器将反馈信号传送给驱动器，驱动器根据反馈值与目标值进行比较，调整转子转动的角度。伺服电动机的精度取决于编码器的精度（线数）。

【问答 12】步进电动机的类型及主要技术指标有哪些?

步进电动机是一种特殊的电动机，根据其功能，可以把它看做是一种将脉冲信号转换成相应的角位移（或线位移）的电磁装置。

1. 步进电动机的分类

步进电动机的分类方式有多种，通常按以下五种方法进行分类。

(1) 按力矩产生的原理分类

按力矩产生的原理可分为反应式和励磁式两大类。

1）反应式：反应式步进电动机只有定子绕组，而转子无绕组，由被励磁的定子绕组产生反应力矩实现步进运行。

2）励磁式：励磁式步进电动机的定子、转子均有励磁绕组（或转子用永磁钢制成)，由电磁力矩实现步进运行。

（2）按定子数分类

按定子数目可分为单定子式、双定子式、三定子式和多定子式几种类型。

（3）按各绕组分布分类

按各绕组分布可分为径向分相式和轴向分相式两大类。

1）径向分相式：电动机各相绕组按圆周依次排列。

2）轴向分相式：电动机各相绕组按轴向依次排列。

（4）按输出力矩大小分类

按输出力矩大小可分为伺服式和功率式两大类。

1）伺服式：输出力矩较小，一般在百分之几至十分之几 N · m，只能用于驱动较小的负载，如用于机床、工作台等较大的负载，需与液压扭矩放大器配合才能驱动。

2）功率式：输出力矩较大，一般为 5 ~ 50N · m 以上，可以直接驱动机床工作台等较大的负载。

（5）按材料结构分类

按材料结构可分为反应式、永磁式和混合式三类。

1）反应式：一般为三相，转子磁路由软磁材料制成，定子上有多相励磁绕组，利用磁通的变化产生转矩。

2）永磁式：一般为两相，转矩和体积均较小。

3）混合式：它混合了永磁式和反应式的优点，在结构上又分为两相和五相。两相的步进角为 1.8°，五相的步进角一般为 0.72°。

2. 步进电动机与一般电动机的区别

一般电动机都是连续转动的，而步进电动机则有定位和运转两种基本状态，当有脉冲输入时，步进电动机便一步一步地转动，每接收到一个脉冲信号就会转动一定的角度。步进电动机的角位移量和输入脉冲的个数成正比，在时间上与输入脉冲同步。在没有脉冲输入时，在绕组电源的激励下气隙磁场能使转子保持原有位置处于定位状态。因此，只要控制输入脉冲的数量、频率及电动机绕组的相序，便可获得所需的转角、转速及转动方向。

3. 步进电动机转矩与频率的关系

（1）步进电动机的空载牵入频率和空载牵出频率

空载牵入频率是指步进电动机在空载情况下能够从定位状态正常起动的脉冲频率。空载牵出频率是指步进电动机在正常运转情况下逐渐升高脉冲频率使步进



电动机不失步的最高频率。

（2）步进电动机转矩与转速的变化

当步进电动机运转时，电动机各相绕组的电感将形成一个反向电动势，频率越高，反向电动势越大。在这个作用下，电动机的相电流随频率（或速度）的增大而减少，从而导致转矩的下降。所以，步进电动机的转矩会随着转速的升高而下降。

（3）步进电动机定位转矩与保持转矩的区别

步进电动机的定位转矩是指电动机各相绕组不通电且处于开路状态时，由于转子上有永磁材料产生磁场，从而产生的转矩；而保持转矩是指电动机各相绕组通额定电流，且处于静态锁定状态时，电动机所能输出的最大转矩。一般定位转矩小于保持转矩。

（4）两相步进电动机和五相混合式步进电动机的应用

两相步进电动机的步距角大，高速运转特性好，且价格较低，但低速运转时有振动，适用于追求电动机高速性能，而对精度无太多要求的场合使用。五相步进电动机步距角小，中低速运转平稳，适用于对电动机运转精度要求较高，转速在 600r/min 以下，力矩在 2N · m 以上的场合使用。

4. 步进电动机的动态技术指标

（1）步距角精度

步距角精度指步进电动机每转过一个步距角的实际值与理论值的误差，常用百分比表示。不同运行拍数其值不一样，四拍运行时其误差应在 5% 之内，八拍运行时其误差应在 15% 之内。步距角与驱动器有关。

（2）失步

失步指电动机运转时运转的步数小于理论上的步数。

（3）失调角

失调角指转子齿轴线偏移定子齿轴线的角度。一般电动机在运转时，都会存在失调角，而且由失调角产生的误差，采用细分驱动是不能解决的。

（4）最大空载起动频率

最大空载起动频率指电动机在某种驱动形式、电压及额定电流下，在不加载的情况下，能够直接起动的最大频率。

（5）最大空载运转频率

最大空载运转频率指电动机在某种驱动、电压及额定电流下，不带负载的最高运转频率。

（6）共振点

共振点指步进电动机的共振区域，不同类型步进电动机的共振区域不一样，二、四相感应式步进电动机的共振区一般在180～250pps之间（步距角1.8°）或在400pps左右（步距角0.9°）。共振点的偏移量与驱动电压、电流、负载有关，电动机驱动电压越高，电动机电流越大，负载越轻，则共振点向上偏移，反之则向下偏移。

（7）外表允许最高温度

外表允许最高温度指步进电动机在连续工作时其外表的温度值，以摄氏度（℃）表示，以不超过90℃为正常。

（8）正反转控制

步进电动机的正反转控制是由电动机绕组的通电时序来实现的。当电动机绕组通电时序为AB-BC-CD-DA时为正转；当电动机通电时序为DA-CA-BC-AB时为反转。

5. 步进电动机的特点

步进电动机具有以下特点：

1）步进电动机必须加脉冲驱动信号才能运转，且转动的速度与脉冲的频率成正比。

2）改变脉冲的顺序，可以方便地改变电动机的转动方向。

3）步进电动机具有瞬间起动、稳定运行和急速停机的特点。

4）步进电动机的精度为步进角的3%～5%，且不累积。

5）步进电动机的力矩会随转速的升高而下降，这是因为电动机转动时，各相绕组的电感将形成一个反向电动势，且频率越高，反向电动势越大，使电动机相电流减少，从而导致力矩下降。

6）步进电动机低速下起动正常，但若高于一定速度起动，会伴有啸叫声。所以在负载情况下，起动频率应更低。

步进电动机是一种离散运动的装置，它和现代数字控制技术有着本质的联系，目前在数字控制系统中得到广泛应用。

【问答13】步进电动机和交流同步伺服电动机有什么区别？

随着电子技术的发展，在很多电气设备中都采用全数字控制系统，在这些控制系统中，大多采用步进电动机或交流同步伺服电动机作为执行电动机。虽然两者在控制方式上基本相似，但由于两种电动机的性能不完全相同，所以在应用场



合上存在着较大的区别。

1. 低速运转性能不同

步进电动机在低速运转时存在振动和噪声的现象，振动频率与电压负载和驱动器性能有关，这种低频振动现象严重地影响机器的正常运转。为了克服低速运转产生的振动和噪声，一般在电动机上加阻尼器或在驱动器上采用细分技术等。

交流同步伺服电动机运转非常平稳，即使在低速时也不会出现振动和噪声。同时，交流伺服系统具有共振抑制功能，系统内部具有频率解析机能（FFT），可检测出机械的共振点，便于系统调整。所以，即使存在机械刚性不足，也不会产生共振现象。

2. 力矩特性不同

步进电动机的输出力矩随转速升高而下降，且在较高转速时会急剧下降，所以其最高工作转速在 300 ~ 600r/min 之间。

交流同步伺服电动机的输出为恒力矩，即在额定转速（2000r/min 或 3000r/min）以内，都能输出额定转矩，在额定转速以上时为恒功率输出。

3. 控制方式不同

步进电动机采用开环控制，若起动频率过高或运转时负载过大都有可能出现失步或堵转现象，若停止时转速过高会出现过冲现象。

交流同步伺服电动机的伺服驱动系统为闭环控制，驱动器可直接对电动机编码器反馈信号进行采样，在其内部构成位置环和速度环，控制性能可靠，在起动和停止时，不会出现失步、堵转或过冲现象。

4. 过载能力不同

步进电动机一般没有过载能力，所以在选型时，往往需要选取较大转矩的电动机，而在正常负载时又不需要那么大的转矩，便出现了转矩浪费现象。

交流同步伺服电动机具有较强的过载能力，一般电动机的最大转矩为额定转矩的 3 倍，甚至更大，可用于克服惯性负载在起动瞬间的惯性力矩。

5. 加速性能不同

步进电动机加速响应慢，一般从静止加速到额定转速（一般为每分钟几百转）需要 300ms，不适应快速控制场合使用。

交流同步伺服电动机加速响应快，一般从静止加速到额定转速（3000r/min）只需几毫秒，适用于要求快速起停的控制场合。

从以上五个方面看，交流同步伺服电动机在性能上都优于步进电动机。但步进电动机结构简单，制造成本低，所以在控制系统的设计过程中应对控制要求、

成本等因素进行综合考虑，选取适当的控制电动机。

【问答14】怎样区分大、中、小型电动机？

大、中、小型电动机的区分，主要根据电动机轴中心高度、电动机定子铁心外径、电动机的机座号和电动机的功率（kW）而定，如表1-1所示。

表1-1　大、中、小型电动机的区别

名 称	电动机轴中心高度 H/mm	电动机定子铁心外径 D/mm	电动机的机座号
大型电动机	>630	>1000	16号以上者
中型电动机	355~630	500~1000	11~16号
小型电动机	89~315	100~500	10号以下者
微型电动机	<71	<100	



第 3 章　电动机的基本原理

【问答 1】　中小型直流电动机的结构是怎样的？

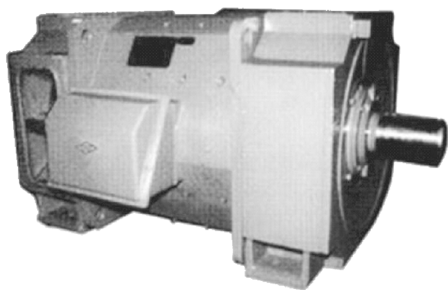
中小型直流电动机的外形如图 1-15 所示。内部由定子（固定部分）和转子（电枢）组成，各部件的结构及作用如下：

1. 定子

定子是电动机的固定部分，由主磁极、换向磁极、机座、端盖及刷架等组成。

（1）主磁极

主磁极由铁心、极靴和励磁绕组组成，如图 1-16 所示。主磁极的铁心采用薄钢片叠成，并用螺栓固定在机座上。


图 1-15　中小型直流电动机的外形

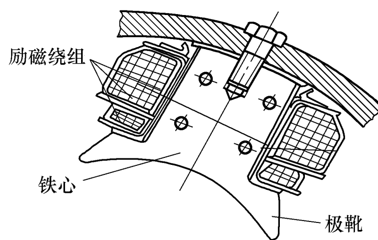


图 1-16　主磁极示意图

主磁极的作用是产生磁场，当励磁绕组有直流电通过时，铁心就成为一个固定极性的磁极。主磁极的数目有 2 极、4 极、6 极、8 极等。

极靴用来挡住套在铁心上的励磁绕组，并起到使气隙中的磁通密度分布均匀的作用。

（2）换向磁极

换向磁极（又称间极），其铁心一般采用整块扁钢，大容量电动机才采用薄钢片叠成。其励磁绕组的匝数较小，导线较粗，与电枢绕组串联而成。换向磁极

的结构如图 1-17 所示。换向磁极的极性如图 1-18 所示。

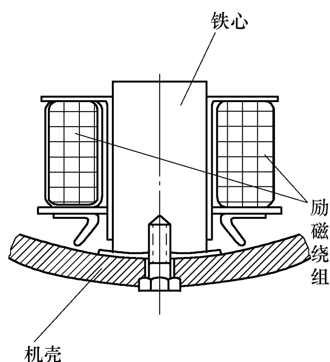


图 1-17　换向磁极示意图

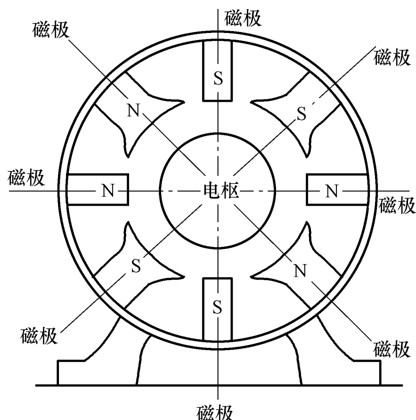


图 1-18　换向磁极的极性

换向磁极的作用是避免电枢绕组中的绕组电流换向时，与该绕组相连的换向片和电刷之产生火花。

（3）机座

机座一般采用钢板焊接或铸钢制成，机座的作用有两个：一是起支撑整个电动机的作用；二是磁路的一部分。由于铸钢的导磁性能好，所以电动机机座一般都采用铸钢制成。

（4）端盖

电动机的两端用铸铁制成，装于电动机的两端，用于支撑轴承，固定刷架，将电动机组装成一个整体，起保护电动机免受外界损害的作用。

（5）刷架

电动机的刷架由刷杆座、刷杆、刷握和电刷等组成。刷杆固定在端盖上。刷杆的数目与主磁极的数目相等。每根刷杆上装有一个或几个刷握（视电动机的容量大小而定）。电刷插在刷握中。电刷的顶上有一块弹簧压板，使电刷在换向器上保持一定的接触压力。其结构如图 1-19 所示。刷架是将电源引入旋转电枢的重要部件。

2. 电枢

电枢实际是电动机的转子部分，主要由电枢铁心、电枢绕组、换向器、风扇及电枢轴等组成。如图 1-20 所示。各部件的结构及作用如下：

（1）电枢铁心

电枢铁心采用厚度为 0.5mm 的硅钢片叠成。制作时先冲压电压叠片，并在



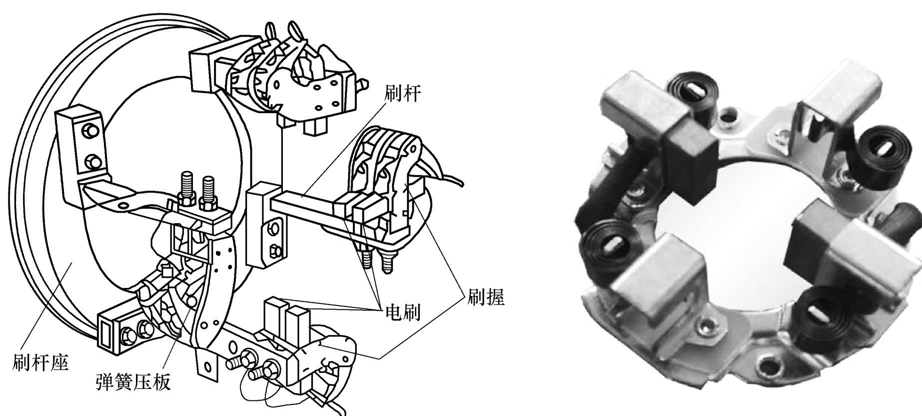


图 1-19　刷架

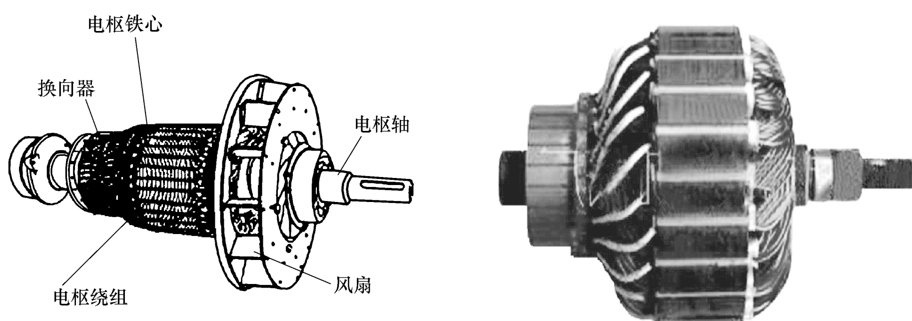


图 1-20　电枢

硅钢片两面涂有绝缘漆，然后再叠压成铁心。电枢铁心的外圆上有均匀分布的槽，用来嵌放电枢绕组的线圈，其结构如图 1-21 所示。

电枢铁心的冷却方式有多种，小容量电动机的电枢铁心上装有风翼，圈套容量电动机的电枢铁心沿轴向分成段数，每段之间留有 8 ~ 10mm 的径向风道，并在电动机的轴上装有风扇，起到冷却作用。



图 1-21　电枢铁心

（2）电枢绕组

电枢绕组（又称电枢线圈），采用漆包线或铜排线绕制而成。制作时，先将线圈嵌放电枢铁心的槽内，然后按一定规则与换向片连接成电枢

绕组，并对槽内导线与槽壁之间做好绝缘处理，槽口用槽楔固定，再用镀锌钢丝将槽外的绕组端捆箍，防止电枢绕组因离心力作用而发生径向位移，最后经浸漆处理。

（3）换向器

换向器由许多换向片、云母片、V 形钢环、钢套以及螺旋圈等组成。换向片间用云母片隔开，整个换向片组用 V 形钢环和螺旋压圈固定在钢套上。在换向片组和钢套、V 形环之间用特制的 V 形云母环和绝缘套筒进行绝缘，其结构如图 1-22 所示。



图 1-22　换向器

【问答 2】 反应式步进电动机的结构及工作原理是怎样的？

反应式步进电动机属于特种电动机范围，其工作原理与普通的异步和直流电动机的基本原理相似，但一般反应式步进电动机的功率很小，多用于控制系统。随着数字控制系统的发展，反应式步进电动机的应用也在逐步扩大。

1. 反应式步进电动机结构

反应式步进电动机的基本结构如图 1-23 所示。它在电动机定子上有均匀分布的六个磁极，两个相对的磁极组成一组，形成 A、B、C 三对磁极，磁极上绕有线圈，分别称之为 A 相、B 相和 C 相，而转子则是一个带齿的铁心。安装于定子中，由定子产生磁场而吸引转子转动。

2. 反应式步进电动机工作原理

反应式步进电动机的工作原理是当定子线圈中通以直流电以后，就会产生磁场，如果 A、B、C 三相磁极的绕组依次通电，则 A、B、C 三对磁极就依次产生磁场吸引转子转动。

下面介绍反应式步进电动机在几种通电方式下转子的位置及其工作原理。

（1）单三拍通电方式的基本原理

单三拍通电方式时转子的位置如图1-24

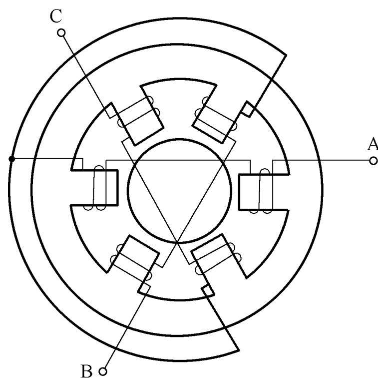


图 1-23　反应式步进电动机结构



所示。其基本工作原理是设 A 相首先通电（B、C 两相不通电），定子绕组产生 A-A′轴线方向的磁通，并通过转子形成闭合电路。这时 A、A′极就成为电磁铁的 N、S 极。在磁场的作用下，转子总是力图转到磁阻最小的位置，即转子的齿对齐 A、A′极的位置，如图 1-24a 所示；然后，A 相断电，B 相通电（A、C 两相不通电），转子便逆时针方向转动 30°，转子的齿与 B、B′极对齐，如图 1-24b 所示；C 相通电（A、B 两相不通电）转子的齿与 C、C′极对齐，如图 1-24c 所示。这种通电顺序为 A→C→B→A……，则电动机转子便逆时针方向转动，这种通电方式称为单三拍方式。

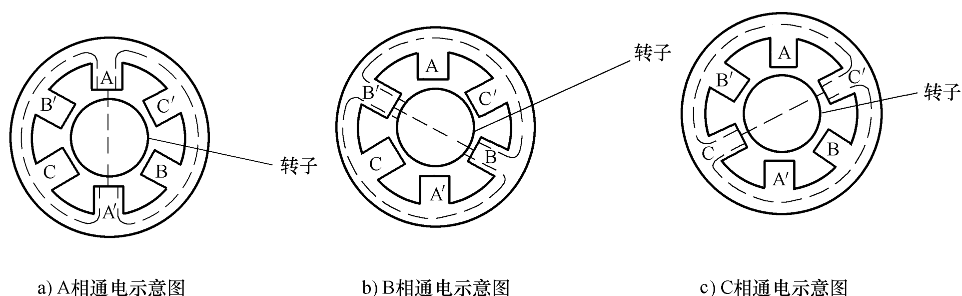


图 1-24　单三拍通电方式的基本原理

（2）六拍通电方式的基本原理

六拍通电方式时转子位置如图 1-25 所示，当定子绕组通电时，转子的旋转及磁极通、断电的变化是设 A 相首先通电，转子齿与定子 A、A′对齐，如图 1-25a所示；然后在 A 相继续通电的情况下接通 B 相，这时定子 B、B′极对转子齿产生磁拉力，使转子顺时针方向转动，但由于定子的 A、A′极继续拉住转子齿，所以使转子转到两个磁拉力平衡为止，此时转子的位置如图 1-25b 所示；转子顺时针转过 15°后，A 相断电，B 相继续通电，转子从图 1-25b 位置顺时针转过 15°，此时转子齿与定子磁极 B、B′对齐，如图 1-25c 所示；转子继续顺时针方向转动，其位置变化如图 1-25d 所示。

转子的旋转方向由定子磁极通电来决定。如果按定子磁极 A→A′、C→C′、B→B′、A→A′……的顺序通电，则电动机逆时针方向转动，转子步距角与顺时针方向相同。这种通电方式称为六拍方式。

3. 双三拍通电方式的基本原理

双三拍通电方式与单三拍通电方式的相同点是，采用单三拍和双三拍方式时，转子走三步前进了一个步距角，每走一步前进了 1/3 齿距角。所不同的是如果每次都是两相通电，即按 A、B→B、C→C、A→A、B→……的顺序通电，则

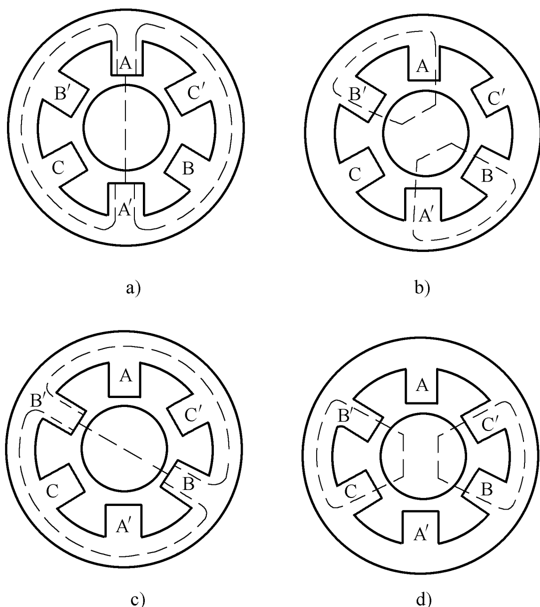


图 1-25　六拍通电方式的基本原理

称为双三拍方式。

一般转子是以 4 个齿（齿距角 90°）表示的，但实际上转子不只 4 个齿，而有 40 个齿（齿距角为 9°），所以一般电动机的步距是 3°或 1.5°。而定子除了 6 个极以外，在每个极面上还有 5 个和转子一样的小齿。其结构如图 1-26 所示。

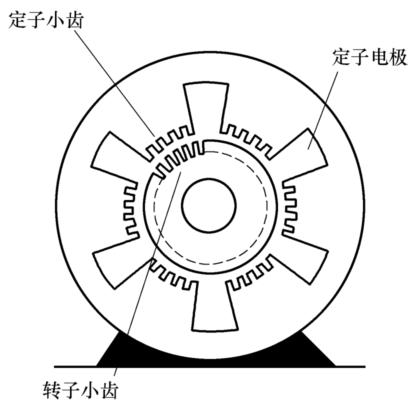


图 1-26　双三拍通电方式的基本原理

4. 步进电动机的驱动电源

步进电动机要实现对定子绕组按照特定的顺序通电，必须配置一个专用的电源供电，这个专用供电电源称为驱动电源。步进电动机需与驱动电源相互配合才能实现其运行性能。

（1）对驱动电源的基本要求

由于步进电动机与驱动电源是一个相互联系的整体，因此，所配置的驱动电源应达到如下要求：

1）驱动电源的相数、通电方式、电压、电流能与步进电动机相适应。

2）驱动电源的频率能满足步进电动机的起动频率和运行频率的需要。



3）驱动电源工作可靠，抗干扰能力强。

4）驱动电源安装方便，能与电动机线路很好地配合。

（2）驱动电源的结构

由于步进电动机是将脉冲信号转换为角位移或线位移的开环控制元件，所以其驱动电源必须将电信号转换为脉冲信号，并经过放大处理，才能驱动步进电动机正常工作。

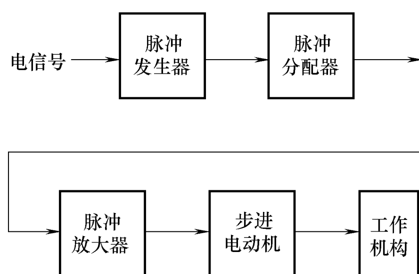


图 1-27　步进电动机驱动原理

步进电动机的驱动电路由脉冲发生器、脉冲分配器和脉冲放大器（也称功率放大器）组成，如图 1-27 所示。

1）脉冲发生器。脉冲发生器实际上是一个脉冲发生电路，按照其线路，有多谐振荡器和单晶体管构成的张弛振荡器多种形式，但不同线路的脉冲发生器都是通过调节电阻 VR 和电容 C_1 的大小来改变电容充放电的时间常数，以达到改变脉冲信号频率的目的。

如图 1-28 所示是两种常用的多谐振电路，它们分别由或非门和非门构成，通过改变 VR 的值可以使振荡频率由几赫兹至几十千赫兹连续变化，为步进电动机提供所需要的信号。

2）脉冲分配器。脉冲分配器是一种由门电路和双稳态触发器组成的逻辑电路。其功能是根据指令把脉冲发生器产生的脉冲信号按一定的逻辑关系加到脉冲放大器上。由于步进电动机定子绕组的通电方式不一样，所以脉冲分配器与电动机控制的连接方法也就不一样。下面以 CH250 型环形脉冲分配器为例进行介绍。

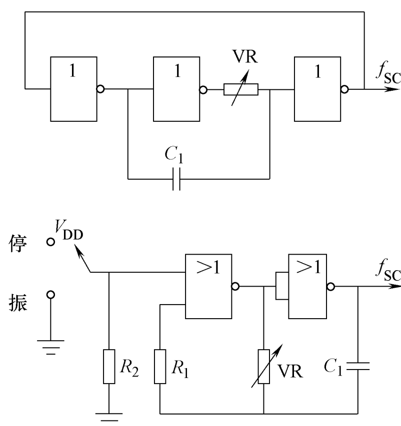


图 1-28　两种常用的多谐振电路

CH250 型环形脉冲分配器适用于三相步进电动机的情况，它有两对控制端子，可以分别组成三相双三拍和三相六拍的不同工作方式。三相双三拍的接法如图 1-29 所示，图中 14、15 脚为控制端，10 脚为复位端。工作时，若 14 脚电平为高电平，而 15 脚电平为低电平，则电动机正转；若 14 脚电平为低电平，而 15 脚电平为高电平，则电动机反转。三相六拍的接法如图 1-30 所示，图中 1、2 脚为控

制端，9 脚为复位端，工作时，若 1 脚为高电平，2 脚为低电平，则电动机正转；若 1 脚为低电平，2 脚为高电平，则电动机反转。

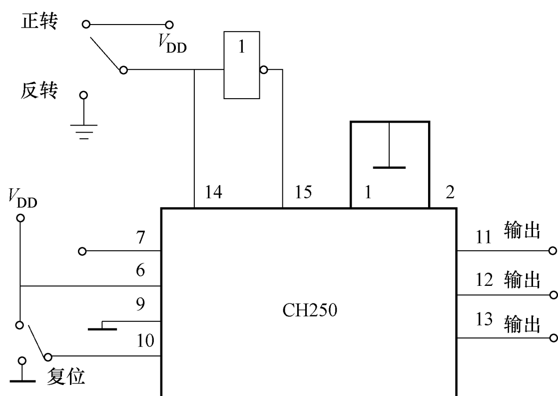


图 1-29　三相双三拍的接法

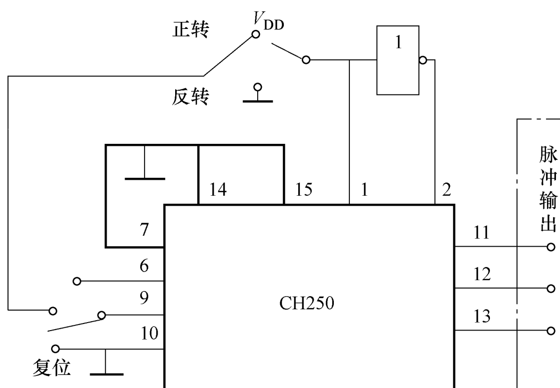


图 1-30　三相六拍的接法

CH250 型环形脉冲分配器的 7 脚是时钟脉冲输入端；6 脚是时钟脉冲允许端，用以控制时钟脉冲的允许与否；11、12、13 脚为环形分配器的三个输出端。该脉冲分配器脉冲输入方式有两种：一种是由 7 脚输入，采用此输入方式时，只有当 6 脚为高电平时，时钟脉冲的上升沿才起作用；另一种是由 6 脚输入，采用此输入方式时，只有当 7 脚为低电平时，时钟脉冲的下降沿才起作用。

CH250 型环形脉冲分配器使用时，首先将其对应的复位端接入高电平，使其进入工作状态，然后接到工作位置。经分配输出的脉冲信号再经过脉冲放大器放大后，分别接到步进电动机的三相线上。

3）脉冲放大器。脉冲放大器（又称功率放大器），是一种由晶体管组成的



放大电路。由于脉冲分配器输出端输出的电流很小，如 CH250 型脉冲分配器输出的电流只有 300μA 左右，而一般步进电动机每相静态电流在 3A 以上，所以不能满足驱动的需要。脉冲放大器的作用就是将脉冲分配器输出的脉冲放大，再去驱动步进电动机旋转。

4）驱动电路。不同相位的步进电动机需要采用不同的驱动电路来驱动。最常用的驱动架构有单极性和双极性两种。

单极性步进电动机驱动电路如图 1-31 所示。图中 VT_1 ~ VT_4 为四只驱动晶体管，由这四只晶体管来驱动电动机的两个相位。

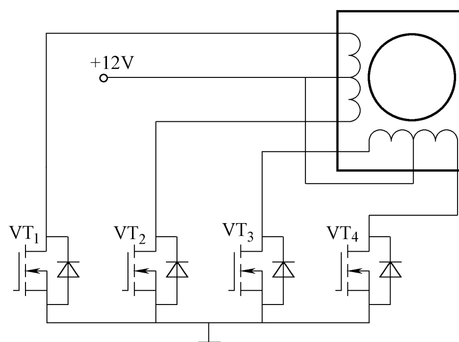


图 1-31　单极性步进电动机驱动电路

双极性步进电动机驱动电路如图 1-32 所示，它使用八只晶体管来驱动两组相位。八只晶体管分为上下两端设置。其中，下端四只晶体管由微控制器直接驱动；上端四只晶体管则需要驱动电路驱动。从使用晶体管的数量来看，双极性驱动电路是单极性驱动电路的两倍，但双极性驱动电路的晶体管只需承受电动机电压，所以它不像单极性驱动电路一样需要钳位电路。

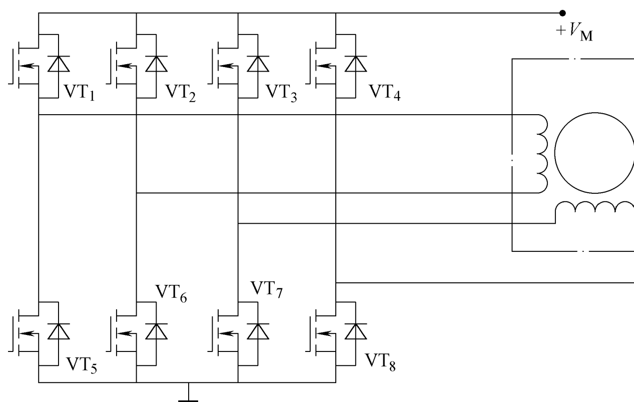


图 1-32　双极性步进电动机驱动电路

【问答 3】　三相异步电动机的结构和工作原理是怎样的？

三相异步电动机的种类很多，但不同类型的三相异步电动机的结构基本相

同，其外形如图1-33所示。



图1-33　三相异步电动机外形

1. 基本结构

三相异步电动机主要由定子和转子两部分组成，它们之间由0.2～2mm的气隙分开。此外，还有端盖、风扇、转子轴、接线盒等其他部件。三相异步电动机的结构如图1-34所示。

（1）定子

定子是用来产生磁场的部件，由定子铁心、定子绕组和机座三部分组成，绕组安放在铁心上。如图1-35所示。当接入三相电源时，便产生旋转磁场。

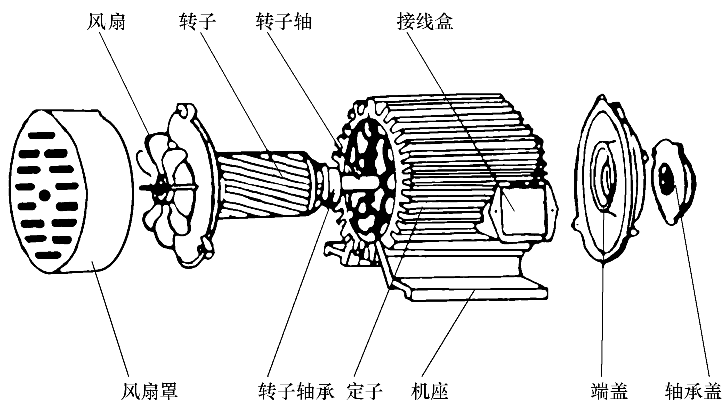


图1-34　三相异步电动机结构

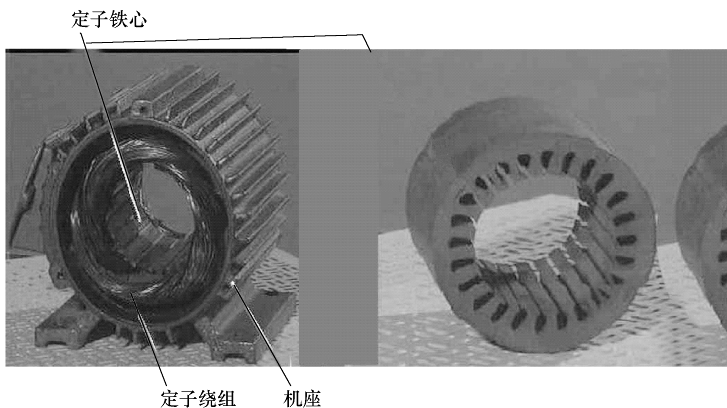


图1-35　定子结构



(2)转子

三相异步电动机的转子有笼型转子和绕线转子两种:

① 笼型转子。笼型转子主要由转子硅钢片、转子绕组、转子铁心、转轴等组成。笼型转子的槽内放置有绝缘的裸铜条,铜条的两端用短路环焊起来形成一个笼型。小型笼型电动机一般都采用在转子槽中浇铸铝铸成笼型,同时在端环上装有风扇叶片,作为冷却风扇。笼型转子的结构如图 1-36 所示。

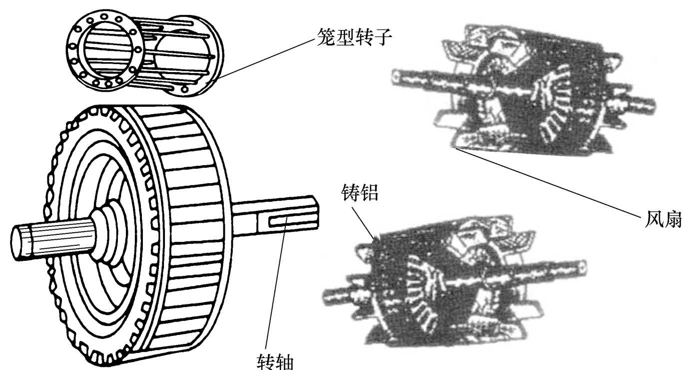


图 1-36 笼型转子

② 绕线转子。绕线转子的结构与定子相似,也是一个对称的三相绕组,其外形结构如图 1-37 所示。

绕线转子的三相绕组一般成星形联结,三个出线头接到转轴的集电环上,再通过电刷与外电路连接,其联结方式如图 1-38 所示。

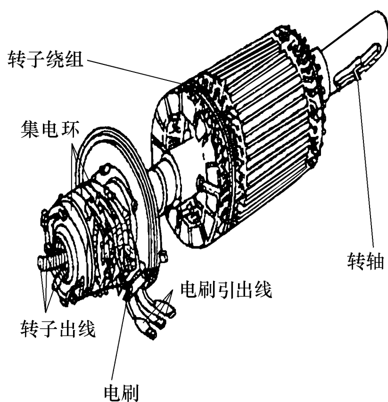


图 1-37 绕线转子

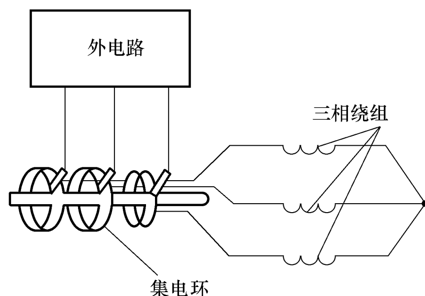


图 1-38 绕线转子的三相绕组星形联结

(3)绝缘方式

三相异步电动机的绝缘项目主要有对地绝缘、相间绝缘、匝间绝缘。

采用的绝缘材料有绝缘漆、绝缘纸、绝缘导管（黄蜡管）等。

（4）联结方式

1）联结盒连接方法。三相异步电动机接线盒采用三角形（△）联结，如图1-39所示。

2）定子三相绕组联结方式。三相异步电动机定子三相绕组的联结方式有星形（Y）联结和三角形（△）联结两种。如图1-40所示。

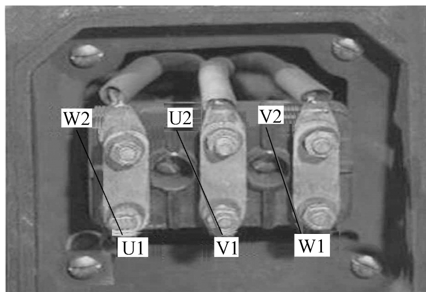


图1-39　联结盒连接方法

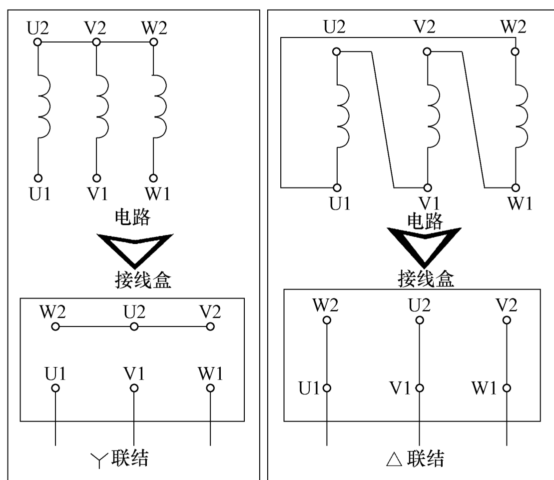


图1-40　定子三相绕组的星形（Y）联结和三角形（△）联结

2. 工作原理

三相异步电动机的工作原理实际上就是电磁感应原理。当电动机的定子绕组通以三相交流电时，便在转子与定子的气隙中产生旋转磁场。假设旋转磁场以 n_1 的速度顺时针方向旋转，就会使静止的转子绕组因旋转磁场产生相对运动，从而在转子导体中产生感应电动势，这个过程通常称为转子导体切割磁力线，并产生感应电动势。其方向可根据右手定则判断（假定磁场不动，导体以相反的方向切割磁力线）。如图1-41所示，可以确定出上半部导体的感应电动势垂直于纸面向外，下半部导体的感应电动势垂直于纸面向里。由于转子电路为闭合电路，在感应电动势的作用下，就产生了感应电流。因为载流导体在磁场中要受到力的作用，因此可以用左手定则确定转子导体所受电磁力的方向。这些电磁力对转轴形成一种电磁转矩，其作用方向与旋转磁场的旋转方向一致。这样，转子便



以一定的速度（n_2）沿转子磁场的旋转方向转动起来。电动机的旋转原理就是通过电磁线圈产生的电磁场使转子受力并不停地转动。

（1）产生电磁转矩的条件

三相异步电动机的电磁转矩产生必须具备两个条件：一是气隙中有旋转磁场；二是转子导体中有感应电流。这两个条件是缺一不可的。对于一台正常的三相异步电动机，在三相对称的定子绕组中通以三相对称的电流就能产生旋转磁场，而处于静止状态的转子绕组在感应电动势的作用下能够形成感应电流，从而产生电磁力矩。如果旋转磁场反转，则转子的旋转方向也随之改变；如果电动机不带负载（也称空载），则称为空载转矩，空载转矩是由轴与轴承之间的摩擦阻力造成的，其值很小。这时电动机的电磁转矩也很小，但其转速 n_0（空载转速）很高，接近于同步转速；如果电动机的负载增大，则转子电流增大，在外加电压不变时，定子绕组电流也增大，从而抵消转子磁通势对旋转磁通的影响。所以说，三相异步电动机转子电流对定子绕组电流有着直接的影响。

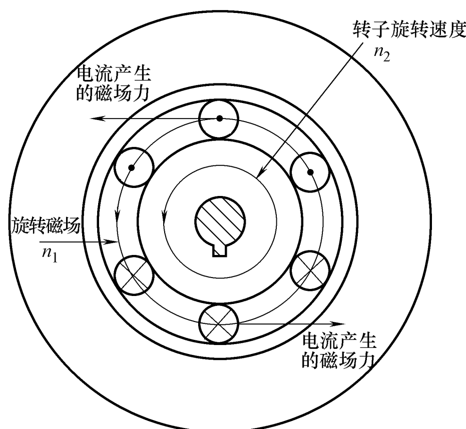


图 1-41　三相异步电动机的工作原理

（2）旋转磁场产生的过程

三相异步电动机要旋转起来的先决条件是定子绕组能够产生旋转磁场，但由于电源相与相之间的电压在相位上是相差 120°的，因此三相异步电动机定子中的三个绕组在空间方位上也相差 120°。这样，当定子绕组通入三相电源时，定子绕组就会产生一个旋转磁场，其产生的过程如图 1-42 所示。从图中可以看出，电流每变化一个周期，旋转磁场在空间旋转一周，即旋转磁场的旋转速度与电流的变化是同步的。旋转磁场的转速为

$$n = 60f/p$$

式中，f 为电源频率；p 为磁场的磁极对数；n 为转速。

由上式可知，电动机的转速与磁极数和使用电源的频率有关。通过改变磁极或改变频率（变频法）即可改变电动机转速。

三相异步电动机旋转磁场的旋转方向又与绕组中电流的相序有关。当相序 A、B、C 顺时针排列时，磁场顺时针方向旋转，如果将 A、B、C 三相任意两根线对调，例如将 B 相电流通入 C 相绕组中，C 相电流通入 B 相绕组中，则相序

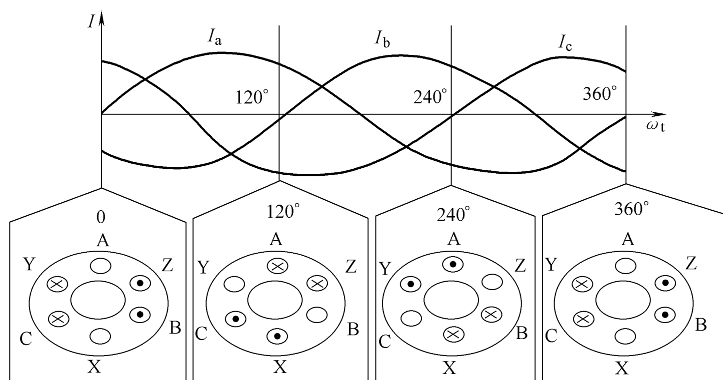


图 1-42　三相异步电动机旋转磁场产生的过程

注：I_a 为绕组 A-X 的电流，I_b 为绕组 B-Y 的电流，I_c 为绕组 C-Z 的电流。

变为 C、B、A，则磁场必然逆时针方向旋转。在实际使用中，利用这一特性就可以很方便地改变三相电动机的旋转方向。

【问答 4】　笼型三相异步电动机Y-△联结减压手动控制电路的工作原理是怎样的?

1. *电路原理*

Y-△联结减压手动控制电路如图 1-43 所示，它是一种用于电动机减压起动的电路。它可以将正常运行时定子绕组为三角形（△）联结的笼型异步电动机，在起动时临时成星形（Y）联结，待电动机起动后接近额定转速时，又换成三角形联结运行。此电路适应于空载或轻载起动的电动机使用。此起动电路由于需要手动操作，所以称为Y-△联结减压手动控制电路。

Y-△联结减压手动控制电路接线图如图 1-44 所示。图中 QF 为低压断路器；KM1 ~ KM3 是三相交流接触器；SB1 ~ SB3 是三个按钮，其中 SB2 为起动按钮，SB3 为运行按钮；KA 为中间继电器；FR 为热继电器。操作方法及各器件的功能如下：

1）合上低压断路器 QF 后，电动机三相电源接通。

2）按下起动按钮 SB2 后，交流接触器 KM3 线圈通电吸合。由于 KM3 的三对主触头将定子绕组尾端连接在一起，当 KM3 线圈时，KM3 的辅助常开触点接通使交流接触器 KM1 线圈通电吸合，KM1 三对主常开触头闭合接通电动机定子



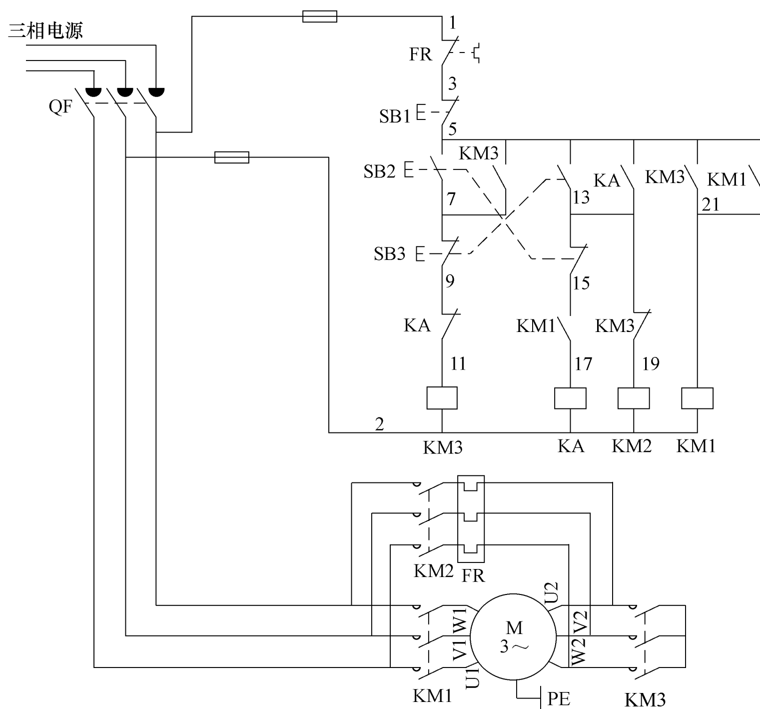


图 1-43　Y-△联结减压手动控制电路

三相绕组的首端，电动机由三角形（△）联结变为星形（Y）联结低压起动。

3）当电动机的转速接近额定转速时（以观察电流表接近额定电流为准），按下运行按钮 SB3，此时 SB3 的常闭触点断开交流接触器 KM3 电路，KM3 失电，其常开触点释放将三相绕组尾端连接打开，SB3 的常开接点接通中间继电器 KA，KA 线圈通电吸合，KA 的常闭接点断开 KM3 电路（互锁），KM3 的常开接点吸合，通过 SB2 的常闭接点和 KM1 常开互锁触点实现自保，同时通过 KM3 常闭触点（互锁）使交流接触器 KM2 线圈通电吸合，KM2 主触点闭合，此时电动机三相绕组又由星形联结变为三角形联结，完成了电动机在星形联结下起动，在三角形联结下运行的任务。

4）由于交流接触器 KM2 及 KM3 的常闭触点构成互锁环节，因此保证了电动机在变换接法时，星形和三角形联结不可能同时出现。

2. 安装注意事项

1）Y-△联结减压起动电路，只适应于三角形联结的，三相异步电动机。对于正常时为星形联结的电动机，不能使用本电路。

2）接线时应先将电动机接线的连接片拆除。并注意将电动机的首尾端接线

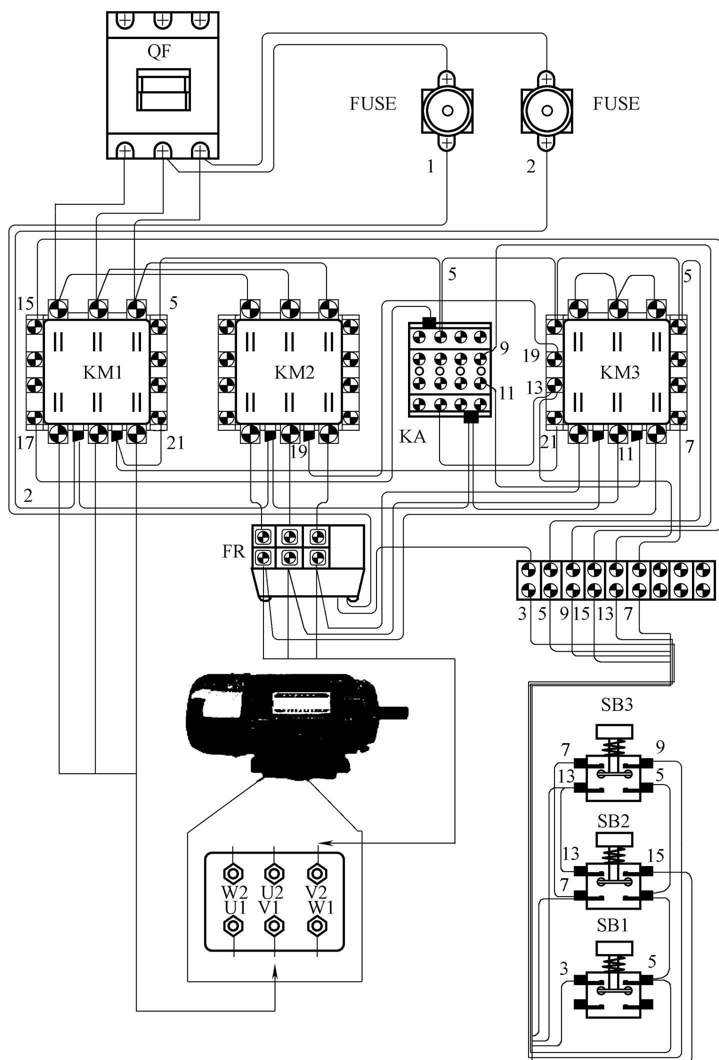


图 1-44　Y-△联结减压手动控制电路接线图

相序连接正确，不能有错。

3）如果需要调换电动机旋转方向，最好在电源开关负荷侧调换电源线，以防止造成电动机首尾端接线错误。

4）正确掌握切换时间。如果电动机起动后转速还没有提起来，就切换到运行状态，电动机会因起动电流很大而造成电压波动；而如果起动后已达到正常转速而不能进行切换到运行状态，电动机会因低电压大电流而发热烧毁。为了防止起动时间过短或过长，时间继电器的初步时间确定应按电动机的功率进行整定，



一般以 1kW 为 0.7s 比较适当。接线时，应认真检查时间继电器的瞬时动作接点和延时动作接点是否符合使用要求。

【问答 5】 单相异步电动机的结构和工作原理是怎样的?

单相异步电动机是定子为单相绕组，使用单相交流电源的小型电动机。

1. 基本结构

如图 1-45 所示是单相异步电动机结构分解图。各部件的结构及功能如下：

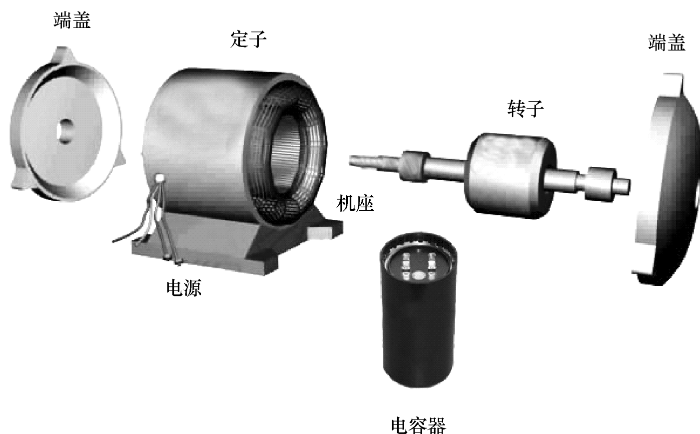


图 1-45 单相异步电动机结构分解图

（1）定子

单相异步电动机的定子是电动机的固定部分，包括铁心、绕组、机座三个部分。

1）铁心：铁心用硅钢片压制而成，作用与三相异步电动机相同，用来构成电动机的磁路。

2）绕组：单相异步电动机定子绕组常做成两相，分为主绕组（工作绕组）和副绕组（起动绕组）。两种绕组均由漆包线绕制而成，安放在定子内，其中轴线错开一定的电角度，以改善电动机的起动性能和运行性能。

3）机座：单相异步电动机的机座的外形根据电动机的冷却方式、防护方式和应用场合的不同有多种结构形式。按其材料有钢板机座、铝铸机座和铸铁机座三种。

钢板机座：由厚度为 2mm 左右的薄钢板卷制、焊接而成，其底座由钢板冲压而成，再经过焊接，使之成为一个整体。

铝铸机座：由铝合金铸成。用于专用工具的单相异步电动机，以铝铸机座较多。

铸铁机座：由铸铁制成，其外侧有散热盘，用螺栓将机座与端盖连接固定。

（2）转子

单相异步电动机的转子是电动机的转动部分，采用笼型绕组，一般用铝压铸而成。

（3）端盖

端盖是电动机的支承部件，起固定定子、转子的作用。其制作材料与机座的制作材料相同，也有钢板、铸铝和铸铁几种。

（4）轴承

轴承是电动机的运动部件，在单相异步电动机中使用的轴承有滚珠轴承和含油轴承两种。

（5）起动装置

单相异步电动机自身没有起动转矩，需要一个起动装置来起动。如离心开关、起动继电器、PTC 起动器等。

1）离心开关。离心开关一般安装在轴伸端盖的内侧，在电动机起动过程中，当转子转速达到额定转速的 70% ~80% 时，利用离心开关切除单相电阻起动异步电动机和电容起动异步电动机的起动绕组，或切除电容起动及运转异步电动机的起动电容器，使电动机平稳运转。

2）起动继电器。起动继电器适应于一些特殊场合使用的电动机。如电冰箱电动机，由于它与压缩机组装在一起，并安放在密封的罐子里，不便于安装离心开关，就用起动继电代替。

3）PTC 起动器。PTC 是一种新型无触点的起动元件。使用时，将 PTC 元件与电容起动或电阻起动电动机的副绕组串联。由于 PTC 本身就是一种能“通”或“断”的热敏电阻，在起动初期，因 PTC 尚未发热，阻值很低，副绕组处于通路状态，随着电动机运转时间的延长和转速的增加，PTC 元件温度也随上升，当超过临界温度 T_C（即电阻急剧增加的温度点）时，电阻剧增，副绕组相当于断开状态，只有一个很小的维持电流，使 PTC 元件温度维持在 T_C 值以上。当电动机停止运行后，PTC 元件温度不断下降，约 2 ~3min 其阻值降到 T_C 值以下，这时电动机又可以重新起动。

PTC 元件常用作电器系统中的延时型起动开关。目前的电冰箱、空调器均使用 PTC 为起动元件。



2. 工作原理

单相异步电动机的定子铁心上有单相定子绕组，转子为笼型结构，当单相正弦电流通过定子绕组时，电动机就会产生一个交变磁场，如图 1-46 所示。这个磁场的强弱和方向随时间作正弦规律变化，但在空间方位上是固定的，所以又称这个磁场为交变脉动磁场。如图 1-47 所示为电动机实物磁场示意图。

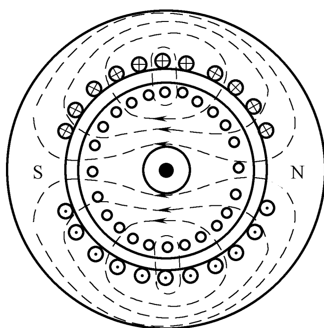


图 1-46 电动机产生的交变磁场

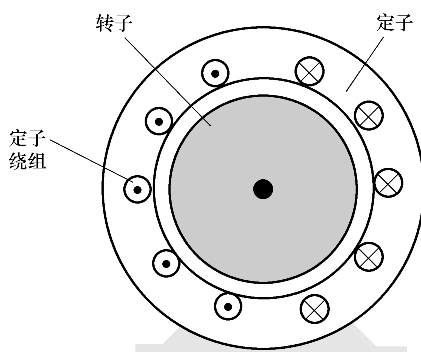


图 1-47 电动机实物磁场示意图

两个交变脉动磁场可以理解为两个以转速相同、而旋转方向相反的旋转磁场。当转子静止时，这两个旋转磁场在转子中产生两个大小相等，方向相反的转矩，使得合成转矩为零，所以电动机无法转动。

当使用起动器使电动机向某一方向旋转时（如顺时针方向转动），这时转子与顺时针旋转方向的旋转磁场间的切割磁力线运动变小；转子与逆时针旋转方向的旋转磁场间的切割磁力线运动变大，这样平衡就打破了，转子所产生总的电磁转矩将不再是零，转子将顺着推力方向旋转起来。

单相异步电动机正常工作时只有主绕组工作，因此起动绕组可以做成短时工作方式，但对于电容启动单相异步电动机，其起动绕组并不断开，所以改变电容器的串接位置，就可改变电动机的转向。

【问答 6】 罩极式电动机的工作原理是怎样的？

罩极式电动机属于单相异步电动机的一种类型，但其结构与一般单相异步电动机有一定的区别。

单相罩极式电动机的定子做成凸极式，有两极和四极两种。每个磁极在 1/4 ~ 1/3 全极面处开有小槽，如图 1-48 所示，把磁极分成两个部分，在小的部

分上套装一个短路环。单相绕组套装在整个磁极上，每个极的绕组是串联的，并按照使其产生的极性依次按 N、S、N、S 排列。

当定子绕组通入电流后，部分磁通穿过短路环，并在其中产生感应电流。短路环中的电流阻碍磁通的变化，致使有短路环部分和没有短路环部分产生的磁通有了相位差，从而形成旋转磁场，使转子转动起来，如图 1-49 所示。

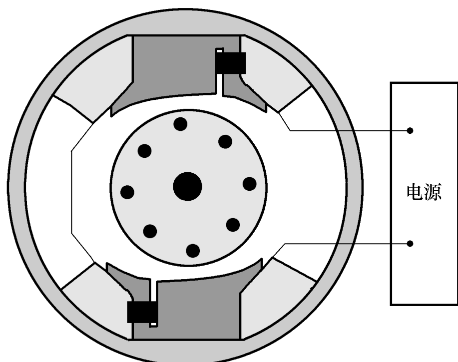


图 1-48　单相罩极式电动机工作原理

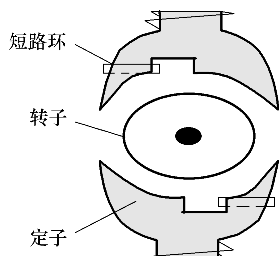


图 1-49　短路环形成相位差

图中为没有短路环部分的磁通比有短路环部分的磁通领先，所以电动机按顺时针方向（正转）旋转。

【问答 7】　步进电动机的主要特性有哪些?

步进电动机的主要特性有以下 8 种：

1. 步距角

步距角是反应步进电动机定子绕组的通电状态每改变一次，转子转过的角度。它是决定步进伺服系统脉冲当量的重要参数。

步距角有两种概念：一种是固有步距角，电动机出厂时给出了一个步距角值，这个值称之为电动机固有步距角；另一种是电动机实际工作时真实的步距角，这个步距角的大小与驱动器有关。在控制系统中，步距角越小，其控制精度越高。

2. 矩角特性

矩角特性是指步进电动机最大静态转矩与失调角的变化规律。而静态转矩直接影响电动机的静态起动性能。

3. 保持转矩

保持转矩是指步进电动机通电，但没有转动时，定子锁定转子的力矩。步进



电动机在低速时的力矩接近保持力矩。但保持力矩会随速度的增大而发生变化。

4. 起动频率

起动频率是指步进电动机在空载状态由静止突然起动，并进入不丢步的正常运行状态所允许的最高频率。空载起动时，其定子绕组通电状态变化的频率不能高于突跳频率，否则步进电动机就不能正常起动。

5. 连续运行的最高工作频率

连续运行的最高工作频率是指步进电动机连续运行时，能接受的极限频率，它是决定定子绕组通电状态最高变化频率的参数。步进电动机转动的速度与频率成正比。

6. 加减速特性

加减速特性是指步进电动机从起动到提速，及从高速到低速的过程中，频率、速度与时间的关系。当要求步进电动机起动到大于跳变频率（电动机拖动的生产机械的固有谐振频率）的工作频率时，变化速度必须逐渐上升；而当步进电动机从最高频率或高于跳变频率的工作频率停止时，变化速度必须逐渐下降。逐渐上升和下降的加速时间、减速时间不能过小，否则会出现丢步或起步现象。

7. 起、停特性

起、停特性指步进电动机有瞬间起动和急速停止的特性。当加入适当的脉冲信号时，就以一定的角度转动；当没有脉冲信号时，就停止转动。其起动和停止以及转速取决于脉冲信号的频率和脉冲数。

8. 驱动特性

步进电动机的转动方向由输入的脉冲顺序决定，改变脉冲的顺序，就可以方便地改变转动的方向。因此，步进电动机需要在双环脉冲信号、功率驱动电路等组成的控制系统配合下才能使用。

【问答 8】 直流电动机的工作原理是怎样的？

直流电动机的结构原理如图 1-50 所示。它是应用通电导体在磁场中受力的作用的原理，来使电动机工作的。为了使线圈在不同极性的磁极下，能够将流过线圈的电流方向及时地加以变换（即换向）。所以增加了一个换向器装置，由换向器配合电刷来保证每个极下线圈边中电流始终是一个方向，从而使电动机连续地旋转。

直流电动机的转矩形成及电流方向如图 1-51 所示。当给两个电刷加上直流电源时，如图 1-51a 所示，导体 ab 从 A 流入，经过线圈 abcd，从电刷 B 流出，

根据电磁力定律，载流导体ab和cd受到电磁力的作用，其方向可由左手定则来判定，两段导体受到的力形成了一个转矩，使得转子逆时针方向旋转。当转子转到如图1-51b所示位置时，导体ab处于S极下，电刷A与换向片2接触，电刷B与换向片1接触，电流从电刷A流入，在线圈中的流动方向是dcba，从电刷B流出。此时载流导体ab和cd受到电磁力的作用方向同样可由左手定则来判断，它们产生的转矩使得转子逆时针方向旋转。

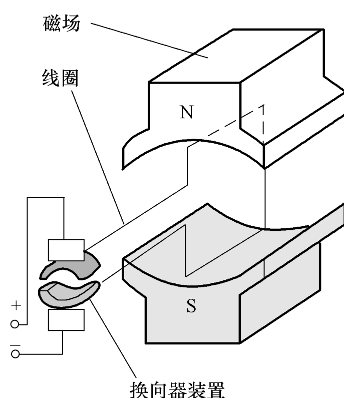


图1-50　直流电动机的结构原理

直流电动机外加的电源是直流的，但电枢导体中流过的电流是交流的，而经电刷引出的电动势为直流电动势。

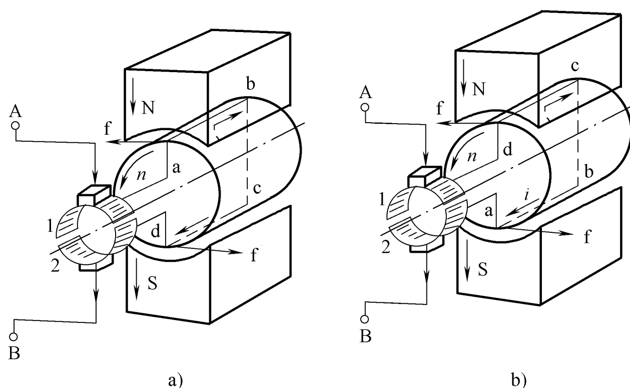


图1-51　直流电动机的转矩形成及电流方向示意图

【问答9】　无刷直流电动机的基本结构及工作原理是怎样的？

无刷直流电动机的最大特点是没有电刷和换向器，所以在运行时无火花产生，但又具有有刷电动机的工作性能，是一种典型的机电一体化产品。

1. 基本结构

无刷直流电动机主要由电动机本体、转子位置检测电路及电子开关电路等组成，其基本结构如图1-52所示。

（1）电动机本体



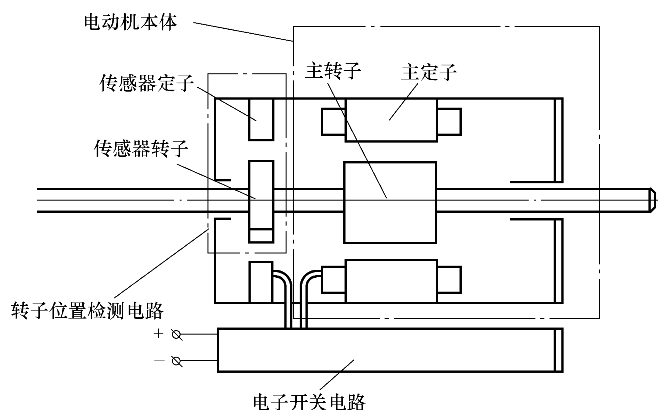


图 1-52　无刷直流电动机组成示意图

电动机本体与一般三相直流电动机没有多大区别，主要由定子线圈绕组与转子构成，定子的六个磁极分别为 A、B、C 三相，转子一般采用永磁结构。

（2）电子开关电路

电子开关电路主要由功率管、驱动电路以及转子信号处理模块等构成，其主要作用是控制电动机本体定子各相绕组的通电顺序与通电时间。

（3）转子位置检测电路

转子位置检测电路主要由位置传感器等元件构成，它的主要作用是对转子位置进行实时检测，为换相提供依据。

2. 工作原理

（1）旋转原理

无刷直流电动机与三相异步电动机十分相似，其定子绕组一般为三相对称星形联结。电动机的转子上粘有已充磁的记磁体。当电动机通以直流电源时，电流通过电子开关电路控制定子换相，使定子绕组产生旋转磁场，使得永磁转子旋转。

（2）换相原理

无刷电动机的换相原理，是一种反电动势过零点检测原理。由于永磁转子旋转产生旋转的磁场，定子绕组切割该磁场，感应出电动势，该电动势为反电动势。反电动势过零点检测就是根据无刷电动机反电动势过零点与转子位置关系，通过对定子绕组上反电动势检测得到过零点，来获

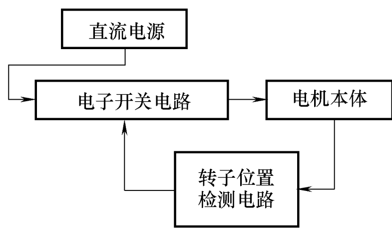


图 1-53　转子位置检测及电子开关电路关系

得转子位置信息。转子位置检测电路与电动机本体及电子开关电路的关系如图1-53所示。

【问答10】 无刷直流电动机的功能特点有哪些?

无刷直流电动机由电动机本体和驱动器组成，由于转子采用永磁体材料制成，所以又称永磁无刷直流电动机。无刷直流电动机的原理图，如图1-54所示，它具有以下控制原理及性能特点：

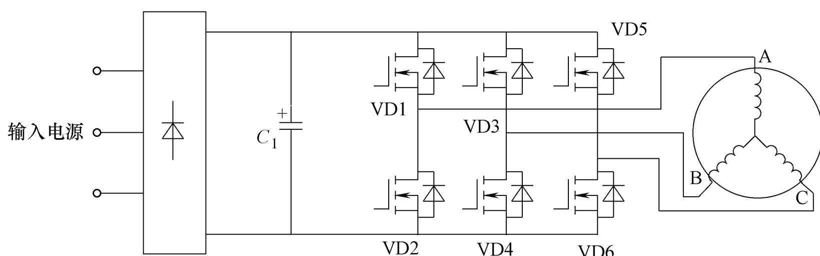


图1-54 无刷直流电动机的原理图

1. 驱动器的功能

无刷直流电动机的驱动器由功率电子器件和集成电路等组成，它具有以下四种功能：

（1）接收电动机的起动、停止等控制信号，以控制电动机适时起动、停止和制动；

（2）接收位置传感器信号和转子正反转信号，用来控制逆变桥各功率管的通断，实现换相及产生连续转矩；

（3）接收速度指令和速度反馈信号，用来调整转速。

（4）为电动机运行过程中提供保护和显示。

2. 无刷直流电动机的特点

1）无刷直流电动机是以自控方式运行的，无需在转子上增加起动绕组，也不会在负载突变时发生振荡和失步。

2）无刷直流电动机的励磁来源于永磁体，所以不像异步电动机那样需要从电网中吸取励磁电流；由于转子中无交变磁场，其转子既无直流功耗又无铁损耗，所以其功率比同容量异步电动机高。

3）无刷直流电动机以电子换向取代机械换向，没有电刷换向所引起火花的缺点，且起动电流小，起动力矩大，调节范围宽。



4）无刷直流电动机的适应性强，在电源电压偏离 ±10% 左右，环境温度相差 40℃，负载转矩从 0～100% 额定转矩波动时，其实际转速与额定转速差应不大于 ±1%。

5）无刷直流电动机的稳定运行性好，适合于长期低速运转、频繁起动的场合。

6）无刷直流电动机运转平滑，振动小，噪声低，使用寿命长。

【问答 11】 直流电动机调速器的工作原理及应用范围是怎样的？

直流电动机的调速器简称直流调速器，是一种用于直流电动机的调速设备。

1. 直流调速器的工作原理

直流调速器是一种完整的调速设备，在与直流电动机的配合使用中，可以把它看作直流电动机的一个器件。它的上端与交流电源连接，下端与直流电动机连接，将交流电源转化为直流电源，并分两路输出：一路输入给直流电动机定子；一路输入给直流电动机的转子（电枢）。通过控制电枢直流电压来调节直流电动机转速。电动机工作中又给调速器一个反馈电流，调速器根据反馈电流来判断直流电动机的转速，通过改变电枢电压输出，以达到对电动机的转速进行正常调节。

2. 直流电动机的调速方式

直流调速器对电动机的调速方式通常有以下三种：

1）改变电枢电压；

2）改变励磁绕组电压；

3）改变电枢电路电阻。

3. 直流调速器的应用

1）需要较宽调速范围的场合；

2）需要较快的动态响应过程的场合；

3）加、减速时需要自动平滑过渡的场合；

4）需要长时间低速运转，且力矩大的场合；

5）在一些与特殊机械配套中（如挖土机），能将过载电流自动限制在设定电流上的场合等。

目前，直流调速器在数控机床、电工机械、焊接切割机械、轻工机械、造纸印刷机械、食品加工机械、医疗机械、橡胶机械、通信设备、雷达设备、卫星地

面接收系统和机车车辆等行业得到广泛应用。

由于直流电动机应用范围较广，加速了对直流调速器产品研制和开发，目前已成功制造出一种模块式直流电动机调速器，该调速器集电源、控制、驱动电路于一体，采用主体结构布局，控制电路采用微功耗元件，用光耦合器实现电流、电压的隔离变换，电路的比例常数、积分常数和微分常数用PID适配器调整。不但具有一般调速的功能，而且可以直接安装在直流电动机上，构成一体化直流调速电动机。

【问答12】 直线电动机的结构原理是怎样的？

直线电动机是一种利用电磁原理，将电能直接用于直线运动功能的设备。

1. 运行原理

直线电动机在结构上可以看作是由相应旋转电动机沿径向切开，拉直演变而成。直线电动机主要由定子和动子两部分而成。其运行原理与旋转电动机类似，通入三相电流后，也会在定子与动子之间的气隙中产生磁场，与旋转电动机所不同的是旋转电动机是产生旋转磁场，而直线电动机是产生平移磁场，因此又称为行波磁场。行波磁场，在磁力的作用下，使电动机直线运行，转子带动负载运行做功。

2. 分类及应用

直线电动机的分类方式一般有以下三种。

（1）按功率分类

直线电动机按功率可分为小功率和大功率两种。小功率直线电动机一般用于各种定位系统和自动控制系统；大功率直线电动机一般用于电气铁路调速列车的牵引、国防装备（如鱼雷发射）等。

（2）按结构分类

直线电动机按结构可分为单边型和双边型两种。两者的区别是单边型直线电动机定子和动子之间受有较大的磁拉力；双边型直线电动机两边的磁拉力平衡，支承部分摩擦力较小，动作比较灵活。

（3）按使用电源及工作原理分类

直线电动机按使用电源及工作原理可分为直流直线电动机、交流直线异步电动机、直线步进电动机和交流直线同步电动机。其中，交流直线同步电动机应用较小。

1）直流直线电动机。直流直线电动机采用直流电源供电，根据其绕组中的



电流引入方式又可分为有刷和无刷两种。绕组中的电流通过电刷和换向片结构引入的，为有刷直流直线电动机；没有电刷和换向片结构，绕组中的电流直接用导线引入的，为无刷直流直线电动机。

直流直线电动机由一套磁极和一组绕组构成，由于拉力与电枢电流成正比，速度与电枢电压成正比，因此具有良好的线性控制特性。它与闭环控制系统配合，可以进行精密的调节和控制。适用于自动控制系统使用，如计算机磁盘驱动器的磁头定位系统。

2）交流直线异步电动机。交流直线异步电动机使用交流电源，主要由一次侧和二次侧两部分组成，嵌有线圈的部分为一次侧。其结构形式有两种：一种是一次侧固定，二次侧可动；另一种是二次侧固定，一次侧可动。交流直线异步电动机的工作原理与旋转式异步电动机相同，当多相绕组中通入电流后，电动机气隙中就产生一个磁场行波，切割副边导体而产生电流，使一次侧和二次侧发生相对运行。

交流直线异步电动机常在工业自动化系统和民用机械中作为操作杆升降动力，如低压断路器、自动阀门、自动门窗等，也可用作电气铁路调速列车的牵引。

3）直线步进电动机。直线步进电动机是一种作直线运动的电动机，是根据旋转式步进电动机的结构和工作原理制成的。按其电磁推力产生的原理可分为反应式和永磁式两种类型。

反应式直线步进电动机其定子是一条有均匀齿槽的导轨，转子是一个绕有三相绕组的 E 形铁心。每个铁心柱上都开有均匀的齿槽，其规格与定子齿距角相等。且各相铁心柱上的齿槽相对于定子齿槽依次错开 1/3 齿距。

反应式直线步进电动机的向左、向右步进运动是由动子输入脉冲的来决定的。如果输入三相绕组脉冲的顺序依次为 A→B→C→A，则动子向左作步进运动；如果三相绕组的通电顺序改为 A→C→B→A，则动子向右作步进运动。

永磁直线步进电动机定子上制作有均匀间隔的齿槽；动子由永磁铁加上两个带齿的电磁铁组成。两个电磁铁上的齿相互错开一定距离。当电磁铁线圈不通电时，动子位置由永磁铁决定。当动子上两个电磁铁按一顺序轮流通电时，将使动子以一定的齿距作步进运动。

【问答 13】 离心稳速电动机的结构及调速原理是怎样的？

对于一些小型机电产品，如录放机、随身听、组合音响等，都是使用直流电动机为动力的，而且这些电动机都为稳速电动机。即在电动机中增设了一个机械或电子稳速装置。其中，近期产品一般采用电子稳速，早期产品均为机械稳速。

机械稳速是利用电动机转动时产生的离心力，去控制机械开关的接通或闭合，以控制电动机电源的通、断来调整电动机转速，使电动机稳定运转，因此也称离心稳速。而离心稳速，需要在电动机内安装一个离心调速器才能实现。

1. 离心稳速电动机结构原理

如图 1-55 所示是离心稳速电动机结构示意图。图中的大圆环为定子，由永磁铁制成，N、S 为磁极；转子安装在定子内，转子铁心内绕制有三个线圈；三个线圈头依次焊接到换向器上，换向器与转轴同心安装；电刷利用簧片的弹性与换向器接触。当转子转动时，换向器与转子一起转动，电流经电刷进入转子绕组，产生转动力矩，使电动不停地运转。

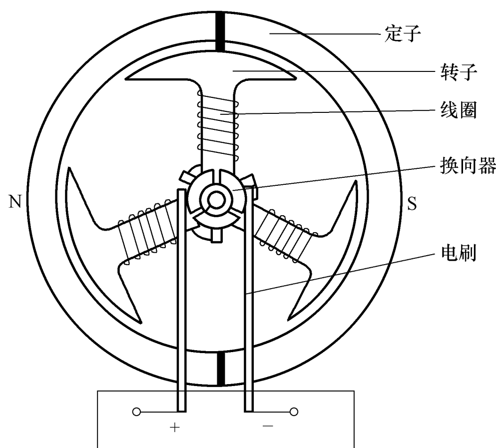


图 1-55　离心稳速电动机结构示意图

2. 离心调速原理

离心调速器结构如图 1-56 所示，由调速开关、限流电阻、离心重块、弹簧片、调速螺钉等构成。调速器安装在转轴上，调速开关串接在电动机的电源电路中，开关触点并联有限流电阻。当转子转动时，调速器与转子一起转动，当转速合适时，开关触点闭合，电动机按原速继续旋转；当电动机转速超过规定值时，加重块在离心力作用下使开关触点断开，限流电阻串入供电电路，因此通过电动机的电流减少，使转速降低；当转速下降到规定值时，离心力减少，在弹簧片弹力的作用下，加重块复位，开关触点闭合，限流电阻被短接，通过电动机的电流增加，转速上升。调整螺钉的作用是用来调整开关触点的间隙，改变触点通、断时离心力的大小，顺时针调整为增大，逆时针调整为减小。

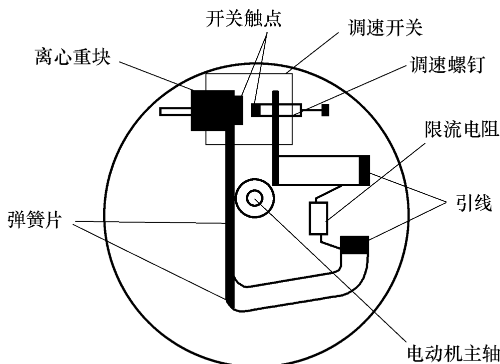


图 1-56　离心调速器结构

电动机在工作中转速的变慢或变快，一般是由于电源电压波动或负载突变造成的。因此，通过调速器的作用就可以使电动机稳速运转。



【问答 14】 异步电动机变频调速原理是怎样的?

异步电动机变频调速是通过变频器改变电动机的供电电压和工作频率来实现的。

异步电动机变频调速原理如图 1-57 所示，它由整流器、滤波器、逆变器和控制器等部分电路组成，各部分电路结构及功能如下：

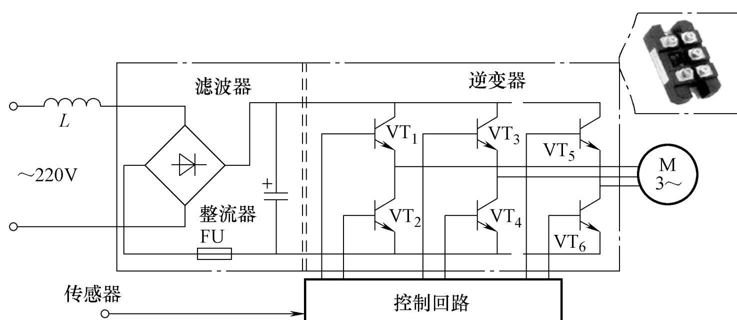


图 1-57　异步电动机变频调速原理

桥式整流器：桥式整流器由四只大功率二极管组成，220V 交流电源经电感线圈滤除尖峰后，送到桥式整流器进行全波整流后，转换成直流电压。

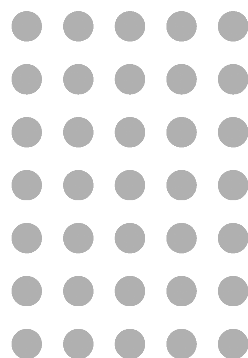
滤波器：滤波器采用直流电抗器和大容量电解电容器，有时也加入一些电感线圈。对整流器整流后的脉动成分进行吸收和抑制，以产生平滑的直流电压。

逆变器：逆变器由六只大功率开关器件 $VT_1 \sim VT_6$ 组成，在控制电路的控制下，六只功率开关器件交替导通和截止，其导通和截止的频率决定了输出电压的大小，由于控制电路的作用，使输出电压符合异步电动机实际运行的需要，从而达到调节电动机转速的目的。

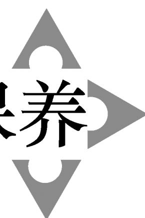
逆变器对电源的调制分为脉宽调制（PWM）和脉幅调制（PAM）两种。

逆变器中的功率器件大多采用一些集成模块，常用的集成模块有绝缘栅双极性晶体 IGBT、BJT、大功率晶体管 GTR、场效应晶体管 MOSFET 和绝缘栅功率场效应晶体管等。

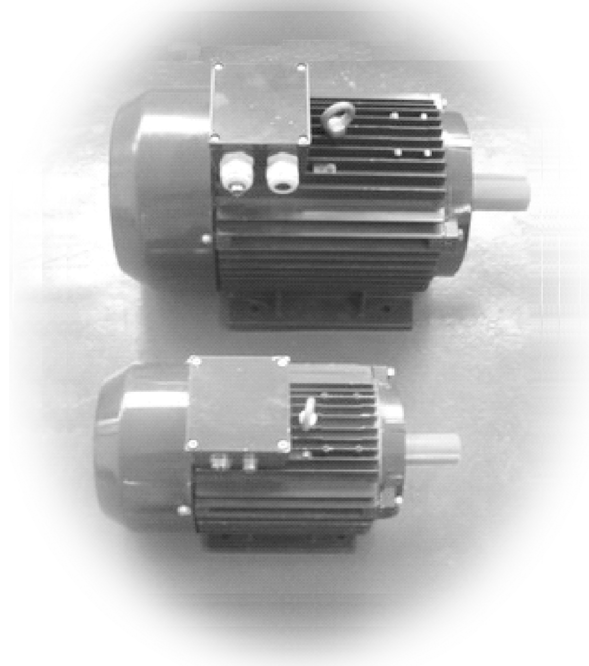
异步电动机变频调速原理就是市电电源经电感 L 滤除杂波后得到纯净的 50Hz 正弦波电压，再经整流、滤波电路变成直流电压，控制电路有规律地控制逆变器的导通和截止，以便输出不同频率和电压的交流电源，从而达到调节电动机转速的目的。

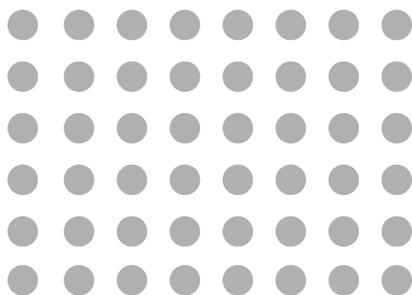


第2篇



电动机使用与保养







第 1 章　电动机的选购

【问答 1】　怎样选购电动机？

选购电动机应根据其负载性质和使用条件，对电动机的机械特性、技术性能进行全面考虑，以达到一次性投资少，运行费用低，整个驱动系统经济、节能、合理、运行安全可靠。

1. 电动机的工作制

（1）电动机工作制的类型

电动机工作制是对电动机承受负载的技术性能的说明，它包括以下 8 个方面：

1）连续工作制是指电动机在恒定负载下连续运行时间足以达到热稳定性能。

2）短时工作制是指电动机恒定负载下按给定的时间运行，能使电动机再度冷却到与冷却介质温度之差在 2K 以内。短时工作制的持续时间为 30min 和 60min。

3）断续周期工作制是指电动机按一系列相同的工作周期运行，每一周期包括一段恒定负载运行时间和一段断能停转时间。在这个周期运行中，不会因起动电流而导致电动机异常升温。断续周期工作制的每一工作周期时间为 10min。

4）包括起动的断续周期工作制是指电动机按一系列相同的工作周期运行，每一周期包括一段起动时间、一段恒定运行时间和一段断能停转时间。

5）包括电制动的断续周期工作制是指电动机按一系列相同的工作周期运行，每一周期包括一段起动时间、一段恒定负载时间、一段快速制动时间和一段断能停转时间。

6）连续周期工作制是指电动机按一系列相同的工作周期运行，每一周期包括一段恒定运行时间和一段空载运行时间，但无断能停转时间。

7）包括变速变负载的连续周期工作制是指电动机按一系列相同的工作周期

运行，每一周期包括一段在预转速下的恒定负载运行时间、一段（或几段）在不同转速下的其他恒定负载的运行时间，但无断能停转时间。

8）负载和转速非周期性变化工作制是指电动机能够按照负载和在转速的允许范围内正常运行。

（2）不同工作制下电动机功率换算

电动机在恒定负载运行下，功率计算可按以下式中求得，即

$$P = \frac{P_1}{\eta_1 \eta}$$

式中　P——电动机的功率（kW）；

P_1——生产机械功率（kW）；

η_1——生产机械本身效率；

η——电动机效率。

注：在具体选型时，电动机的功率应等于或稍大于生产机械的功率。

（3）电动机发热校验

在选购电动机时，一般是通过功率计算来进行选型，为了避免发生误差，因此应进行发热校验。

2. 电动机的工作环境

电动机的工作环境主要包括环境温度、湿度、海拔等，应根据使用环境、用途，合理选择电动机的类型和功率。

（1）特殊用途电动机对最高环境空气温度的要求

一般起重用电动机最高环境温度不超过40℃；冶金用电动机最高环境温度不超过60℃。

（2）一般用途电动机对环境温度的要求

对于亚热带和沿海地区，应选择三防电动机，最低空气温度为－15℃。但对于使用水为冷却介质的电动机，其最低温度为5℃。

（3）对湿度的要求

对于潮湿、有凝露的环境，应选用带有防冷凝加热器的电动机。

（4）特殊工作场合的要求

对于井下作业，有爆炸性气体的场合，应选用防爆电动机。

（5）海拔与功率等级

电动机耐温环境一般以海拔1000m计算温升限值，高于1000m运行时，电动机温升应做修正。每升高100m降低1%温升限值，电动机运行地点的最高温度如表2-1。



表 2-1　电动机最高环境温度与功率等级的关系

海拔/m	1000	2000	3000	4000
F 级(起重电动机)/℃	40	30	19	9
H 级(冶金电动机)/℃	60	48	35	23

若环境温度超过表 2-1 中的温度值，则应选择大一个功率等级的电动机。

3. 电动机选型的基本要求

(1) 品牌的选择

选购电动机时，应查阅国家最新颁布的淘汰电动机索引目录，选择既能替代老型号产品，又节能的新型电动机。

(2) 基本形式和性能的选择

选购的电动机应符合生产设备工作性能、使用环境、安装形式等要求。在适合与生产设备配套要求的前提下，按被拖动机械设备功率的 1.2 倍选择电动机的功率，以便能够满足设备正常工作的需要。

(3) 特种类型的配套选择

若被拖动机械设备需调速，则应选购调速电动机（如转子加电阻器、电抗器调速）、笼型电动机（加变频调速器）、转差电动机等。

4. 检测电动机质量

检测电动机的质量是选购电动机的重要环节，可按以下步骤进行检测。

(1) 查看外观

观察电动机表面油漆层是否光滑平整；铭牌安装是否端正，各种标志是否齐全；机座散热筋是否完整无损。

(2) 手动旋转

用手转动电动机轴，感觉是否灵活、惯动量是否完好、有无阻滞现象、轴向有无窜动现象。

(3) 检查接线

拆开接线盒，检查各相相线标志是否完整清晰、连接片是否压实压紧、螺母是否齐全、相线有无破损现象。

(4) 测量电阻

用 500V 的绝缘电阻表，测量电动机出线端相线与相线之间及相线对机座之间的绝缘电阻，正常时应大于 1MΩ，反之，为绝缘不正常。

(5) 测量电流

给电动机通电，用钳形电流表测量电动机空载时各相的电流，空载电流一般

为额定电流的 25% ~50%。三相电流中任何一相与三相平均值的偏差不得超过 10%。

（6）检查轴承

通电，使电动机运行 20min 左右，诊听轴承运转是否平稳轻快，有无卡滞现象或金属摩擦声；有无漏油、甩油现象；停止运行后，用手触摸电动机座和端盖温度是否过高，正常时应不能感到发热。

（7）检查附件

电动机使用说明书、保修卡及随机附件应齐全。

【问答 2】 怎样选择步进电动机？

步进电动机是机电一体化产品中的定位控制和速度控制部件。

1. 选择步进电动机的基本原则

选择步进电动机时，一定要保证其输出功率大于负载所需的功率。选用时，首先要计算出机械的负载转矩，电动机的矩频特性能满足机械负载并有一定的余量，以保证在实际使用中运行可靠。

（1）步距角及步距精度的选择

步距角是相对一个脉冲信号。选择时，应使步距角与机械系统相匹配，以保证机械系统能得到所需的脉冲当量。

（2）转矩的选择

反应式步进电动机，在不通电时没有定位转矩；混合式步进电动机在通电时有一定的定位转矩。步进电动机的转矩比较复杂，不能简单地用一个指标或一个线性方程给出。一般厂家给出的转矩都为最大静转矩。一般来讲，步进电动机转矩会具有以下特性。

步进电动机在额定频率下起动，克服负载及摩擦阻力，而随着频率（速度）的升高，其自身的转矩下降，带载能力也随之下降，此时就可能出现失步或停转。

步进电动机的矩频（转矩 T 与频率 f）特性如图 2-1 所示。在①范围内电动机可直接起动；在②范围内电动机可加速运转；在③范围内电动机可能出现失步停转。因此，用户在计算负载转矩时需考虑以下两种因素：一是电动机的摩擦转矩，可以通过拉力试验或估算得出；二是负载转动惯量。惯量对电动机的起动和加速性能有着直接的影响。选用时应考虑电动机有无减速机构。

2. 步进电动机驱动器的配置

步进电动机驱动器的配置应注意以下三个方面：



（1）按电动机的电流配置

根据电动机的电流，配用大于或等于电动机额定电流的驱动器。

（2）按使用场合配置

对于使用于高精度、低振动的场合，应配置细分型驱动器。

（3）按电动机的转矩配置

对于大转矩电动机，应配置高电压型驱动器，使电动机获得良好的高速性能。

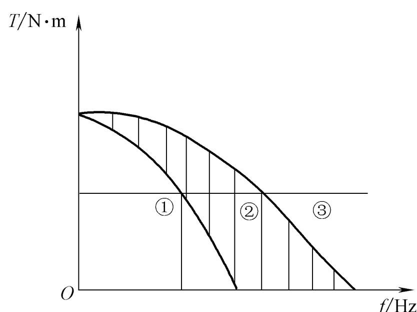


图 2-1　步进电动机的矩频特性

【问答 3】　怎样选择异步电动机?

正确选用异步电动机，主要应注意以下 5 个方面：

1. 电压的选择

根据电源电压条件，所选用电动机的额定电压应与电源电压相符合。

2. 结构形式的选择

根据生产机械的结构，所选用电动机的结构形式（立式或卧式）应与生产机械相配套，以便于安装。

3. 机械特性的选择

根据生产机械的机械特性，所选用电动机应能满足被拖动生产机械提出的要求。

4. 特殊性能的选择

根据使用场合，所选用电动机的特殊性能（如防潮、防爆）应符合使用场合的要求，以确保安全。

5. 容量的选择

根据负载的大小，所选用电动机的容量应符合生产设备使用的需要，并适当留有余量，但要避免“大马拉小车”的现象，以减少费用，降低使用成本。

【问答 4】　怎样选择防爆电动机?

防爆电动机是一种具有防爆功能，可以在易燃易爆场所使用的电动机。主要用于煤矿、石油天然气、石油化工和化学工业以及城市液化气、公路加油站、粮油加工、纺织、造纸、医药制造等行业。

1. 防爆电动机与普通电动机的区别

防爆电动机与普通电动机的区别主要有两点：一是结构不同，防爆电动机接线盒的密封比普通电动机要好；二是防护等级不同，防爆电动机的防护等级最低为 IP55，而普通电动机的防护等级有 IP23、IP44、IP54 不等，所以从外形就可以分辨出来。当然两者的区别还在于内部结构、绝缘材料等级以及制造工艺等。

2. 防爆电动机的分类

防爆电动机的分类方式有多种。

（1）按电动机结构分类

按电动机结构可分为防爆异步电动机、防爆同步电动机、防爆直流电动机三种。

（2）按配套机械分类

按配套机械可分为煤矿运输机械用防爆电动机、煤矿提升机械用防爆电动机、煤矿装岩机械用防爆电动机、煤矿通风机用防爆电动机、阀门用防爆电动机、船用防爆电动机、起重冶金用防爆电动机、加氢装置配套的防爆电动机等。

（3）按使用场合分类

按使用场合可分为煤矿井下用防爆电动机及煤矿井下用防爆电动机两大类。

（4）按防爆原理分类

按防爆原理可分为隔爆型防爆电动机、增安型防爆电动机、正压型防爆电动机、无火花型防爆电动机、粉尘防爆电动机等。

【问答 5】 怎样选择电动机轴承？

轴承是电动机的运动部件，也是容易损坏的部件，如果选择不当，不但影响电动机的运行性能，而且会造成不必要的经济损失。因此，在选择时必须注意以下几个方面。

1. 轴承型号的选择

轴承的型号较多，由于轴承本身是一种精密度较高的部件，因此在维修电动机时，应选用与原轴承型号相同的产品，或根据电动机使用条件及承受负载选择能代换的产品。

2. 轴承游隙的选择

轴承游隙与轴承的使用条件、轴承的转速、温度、配合公差有直接的关系。一般转速在 3500r/min 以下的电动机大多采用 mm 游隙。由于轴承游隙在装配后会因为内孔的张大及外圈的缩小而导致减少，除铝质轴承室外，游隙的减少量＝



过盈量×60%。比如轴承装配前游隙是 0.01mm，装配时，过盈量为 0.01mm，则轴承装配后的游隙为 0.004mm。从理论上讲轴承在零游隙时其噪声最小，但在实际运行中由于温升等因素存在，轴承装配后游隙在 0.002 ~ 0.004mm 较好。游隙是轴承的一项技术指标，但不能直接检测出来，选择时，应根据其出厂资料，在业务人员的指导下进行选择。

3. 轴承密封形式的选择

由于轴承有油润滑和脂润滑两种润滑形式，在密封性能方面，油润滑轴承一般选用密封圈进行密封；脂润滑轴承一般选用防尘盖或橡胶密封件密封。防尘盖适用于高温环境。密封件分接触式和非接触式两种，接触式密封防尘性能好，但起动力矩大，非接触式密封起动力矩小，但防尘性能比接触式差一些。

选择什么密封形式的轴承，应根据电动机的类型、工作环境来决定。

4. 伪劣轴承的识别方法

目前，流入市场的伪劣轴承大致有三种：一种是一些非正规生产小厂生产的轴承，这些轴承一般采用低碳钢、灰口铸铁、球墨铸铁生产制造，其性能非常差；二是一些“地下”生产厂，利用回收的旧轴承，经清洗并对表面进行抛光处理，再充当新轴承出售；三是利用正规生产线上淘汰的次品经组装后，冒充合格品出售。对于伪劣轴承，可以从以下方面进行识别。

1）伪劣轴承没有正式厂名牌（代）号，或打印的型号及厂标模糊不清，不合规格，很难辨认出来。

2）伪劣轴承两端面不平齐，且比较粗糙。

3）伪劣轴承滚道达不到要求。

4）伪劣轴承安装质量差，用手摇动会出现松动感，内、外环倒角不合规格。

5）伪劣轴承硬度低，用锉刀稍微挫动就会出现明显痕迹。

6）伪劣轴承表面不明亮，呈暗灰色。

7）伪劣轴承的内、外口径超差，间隙明显越差且内孔很粗糙。

【问答 6】 怎样选择电刷？

电刷是一种电化产品，也是电动机中的一种低值易损件，如选择不当，将会给电动机的性能带来影响。

1. 电刷性能良好的标志

反映电刷使用性能良好的标志主要有

1）电刷在使用中，自身磨损慢，不磨损换向器或集电环，使用寿命长。

2）具有良好的换向和集流性能，使火花抑制在允许的范围内，能量损耗小。

3）电刷运行时不过热，运行噪声小。

4）在运行过程中，能够在换向器或集电环表面较快地形成一层均匀、适度和稳定的氧化薄膜。

2. 选择方法

（1）外观检查

从外观上看，电刷应当倒角得体、规格适当、结构规范、导线的截面积和长度符合要求，无破损、掉边、掉角、脱落、卡箍等现象。

（2）用仪器检测

通过仪器对电刷进行检测。电刷应符合国家颁布的标准。如电刷的电阻率、洛氏硬度、体积密度、电流密度、接触电压降、摩擦系数、允许圆周速度、单位压力、金属含量等。将实测数据与《电刷技术性能表》对照，如不符合要求则不能选用。

（3）特殊电刷的选择

对于个别换向特别困难的大中型电动机，应选用分辨电刷，以增加电刷内短路电流的方式来改善换向性能。

对于单向换向困难的电动机，可选用组合电刷。即滑入边选择使用润滑性好、成膜能力强的低值石墨基电化石墨电刷，滑出边选择使用换向性能好的高电阻率的碳墨基电化石墨电刷，或碳纤维复合电刷。这样既形成了氧化膜，又能改善其换向性能和灭弧性能，提高电动机的运行效果。

（4）整台电动机电刷的选用

因为不同制造厂商生产的电刷所使用的材料配方不一样，在性能上存在很大的差别，甚至同一制造厂商在不同时间生产的电刷性能也有所差别。所以，在同一电动机上，应选择同一型号、同一制造厂的电刷，以防止由于电刷性能上的差异造成并联电刷电流分布不平衡，影响电动机的正常运行。

另外，由于电刷工作时会有一定量的磨损，在维修时，若发现某一电刷损坏，应将整台电动机的电刷全部更换。

【问答7】 怎样选择低压电动机的熔断器？

在低压电动机中都设置有熔断器，当电动机因某种原因而造成相间短路和单



相间短路故障时，其电流增大，熔断器即熔断，从而保护电动机不至于烧坏。但如果熔断器选择不当，将不能达到预期的保护效果。因此，在选择熔断器时，应注重熔断器的形式和熔断器的参数。

1. 形式的选择

熔断器的形式包括熔断器的型号和熔体的质量两个方面。选用时，应根据电动机预期短路电流的大小，以能起到保护作用为基本条件，考虑以下四个方面。

1）如果预期短路电流不是很大，可优先选用 RM10、RL6、RL7 系列的熔断器，因为这三个系列熔断器不但价格便宜，而且使用方便。一方面，用户可以方便地拆装熔体；另一方面，这三个系列熔断器既可以作短路保护又可以作过载保护。

2）如果预期短路电流较大，应选择分断能力较高的熔断器，如 RT12、RT14、RT15 等系列的熔断器。

3）对于熔体的选择，一般应选择用锌质熔体和铅锡合金熔体，因为这类熔体的熔体系数较小，可以对电动机起保护作用。

2. 参数的选择

熔断器的参数主要包括额定电压、额定电流和极限短路电流三个方面，在具体选择时，应注意以下三点：

1）根据电动机运行电压选择。所选择熔断器的额定电压应与电动机的运行电压相符合，不得过大，也不得过小。

2）根据电动机工作电流选择。所选择熔断器的额定电流应大于电动机电路长期通过的最大工作电流，以保证其壳体的载流部分和接触部分不会因通过工作电流过大而损坏。

3）根据电动机可能产生的短路电流选择。所选择熔断器的极限短路电流应大于流过的最大短路电流，保证在切断电流时，不至于烧毁熔断器。

第2章　电动机的使用

【问答1】　怎样正确安装和调试电动机?

电动机正确安装和调试是确保机械设备的正常运行、减少损耗、提高工作效率的一个重要环节。如果电动机的安装调试不好，负荷电流会大幅度上升，导致电动机定子、转子直流功耗增大，功率急剧下降，甚至不能拖动机械设备。安装、调试方法及应注意的事项如下。

1. 校准中心线

注意校准电动机轴与被拖动机械轴的中心线。电动机与生产机械的连接方式有连接器、传动带和蜗轮蜗杆三种。当用联轴器连接时，径向、轴偏差不得超过0.1mm；当用传动带传动时，要满足电动机轴与机械轴保持平行，两个传动轮中心在一条直线上；当用蜗轮蜗杆连接时，平齿要互相啮合，两轴中心必须平行，伞形齿轮彼此啮合时，交叉角等于45°，两轴中心线必须互相垂直，齿轮节圆要彼此相切，齿轮间隙不得超过0.3mm，接角面不得小于齿宽的1/3。

2. 安装好地脚螺栓

地脚螺栓的安装有两种方式：一种是小型机械设备电动机与被拖动机械共用一块地脚板，这种安装方式只要使用符合规格的螺栓，并将螺母紧固即可；另一种是大中型机械设备，因为振动大，电动机和被拖动机械需要固定于水泥基础上，这种安装方式的地脚螺栓不能太浅，也不能太细，以防止带负载后产生振动，而将螺栓拖出。

3. 安装后的检查

新安装的电动机在使用前应作如下检查：

1）检查电动机及与之配套机器的基础是否牢靠，螺栓是否拧紧，传动传动带张力是否正常，联轴器等机械零部件是否完好。如有不妥应进行调整。

2）检查电动机接线是否符合要求，外壳接地是否良好。

3）根据铭牌标示数据，如电压、频率、转速、功率等电源、负载比对是否相符。



4）用手扳动电动机转轴，检查转子能否自由转动，转动声音是否正常。

4. 试车

进行空载试车1h，观察各项参数能否满足要求，若无异常，方可投入正常运行。

【问答2】 对电动机的安装有哪些要求?

1）电动机一般应安装在室内清洁、干燥的场所，周围必须通风良好，环境空气温度最高不超过40℃，最低温度不低于－15℃。对于临时性安装在室外的电动机，必须配备好防水、防热辐射等设施。

2）电动机控制器应有断相保护和过载保护装置。YA系列增强型电动机须根据铭牌上标准的起动时间及起动电流的比选择合适的保护装置。

3）按照接线图接电源线，带引出电缆、电线的电动机，可直接与电源线连接，接头处应绝缘密封。

4）YD系列等变级多速异步电动机是利用换接引出线的方法来控制转速变的，在设计操作控制时应注意，在由高速切换为低速时，必须在切断电源的同时断开2Y联结的中性点，以免在低速绕组接通时引起电源短路。在高速切换到低速的过程中，必须待电动机停转后才能接通低速绕组的电源，以减少对电动机及负载的冲击，确保多速电动机的可靠运行。

5）电动机与负载连接方式有三种，即联轴器、齿轮、传动带。但不同类型、不同规格的电动机其连接方式和要求不一样。小型电动机一般采用传动带连接，功率较大，转速快的电动机，如4kW以上的2极电动机和30kW以上的4极电动机不宜用传动带传动；双轴伸电动机的第二轴伸只能用联轴器传动。

采用传动带传动的电动机，在安装时，电动机轴中心线应与负载机械轴中心线平行，传动轮中心线与轴中心线相互垂直，传动轮轴孔与电动机轴的配合松紧度应合适，安装时严禁用重锤敲击。

采用联轴器传动的电动机，在安装时，电动机中心线与负载机轴中心应重合，且联轴器轴向应保持1～3mm的间隙。

6）当电源线、相序和电动机接线头标志对应连接时，电动机正转。如需要改变电动机转向，将两根电源线对调即可。

7）电动机必须可靠接地，接地方式和接地电阻应符合国家《工业与民用电力装置的接地设计规范》及电力部门有关电气安全管理的规定。

【问答3】 怎样正确使用电动机？

正确使用电动机包括安全应注意事项、起动操作和运行中的检查三个方面。

1. 安全应注意的事项

1）电动机的金属外壳必须有可靠的接地装置或临时接地装置，以免发生触电事故。

2）电动机的供电线路必须按正规安装，严禁乱拉乱接。临时电路必须架空。

3）使用单相电动机的机械，应安装低压保安器，并经常保持其动作灵敏可靠。

4）移动电动机时，必须先关断电源，不得带电移动电动机。

5）若电动机通电后不能，应立即拉闸断电，查明原因并处理。

6）操作人员应严格执行操作规程，不得违章作业。

7）一旦发生电器火灾，要立即拉闸切断电源，千万不要在断电上泼水救火，以防止传电、漏电，而发生触电事故。

2. 起动操作时应遵守的规程

起动操作时，应遵守以下规程：

1）起动前应检查电动机与作业机械有无异常，联轴器的螺栓和销子是否完整、紧固，传动传动带是否过松或过紧。

2）起动前应检查电源电压是否正常，通常不应超过额定电压值10%或低于5%，电压过高或过低都不宜起动。

3）起动时一般应空载或轻载。

4）合闸后应注意观察电动机转动是否灵活，电动机及被拖动的作业机械有无摩擦、卡住、串动现象，运行声音是否正常。若电动机不转、转动缓慢或出现异常现象，应立即拉闸断电，找出故障并排除后，再行起动。

5）多台电动机起动的操作，应由大到小一台一台的起动，不得几台电动机同时起动。

6）冷机时若一次不能起动，可以进行再次起动，但连续起动次数不得超过5次，且两次起动之间应间隔2～3min，防止电动机发生过热现象。热机起动不得超过两次，否则会烧坏电动机。

7）新安装或经检修后的机组在重新起动时，若出现反转现象时，应立即停机。断电后，将电动机任两相电源线对调后再通电起动就可以正转。



3. 运行中的监控检查

电动机在运行过程中，由于电压过低、带动的生产设备负荷过大或机械发生卡滞等都会导致电动机过载运行，长时间过载运行，电动机绝缘保护装置就会因过热老化、失效，最终烧毁电动机。所以，必须对运行中的电动机进行监控检查。

1）检查电动机的温度。有些重要机组设置有电压、电流、频率、温度监视和过载保护装置，但大多数使用场合没有此种装置，只有依靠操作人员对机组经常进行检查，若发现轴承附近的温度过高，应立即停机检查。轴承滚动体出现裂纹、划伤或缺损，轴承间隙过大发生晃动等现象，应立即更换新轴承再行作业。

2）观察电动机有无振动。电动机运行时出现振动，会引起与之相连接的负载部分不同心度增高，特别是大功率电动机，长时间振动，会造成负载增大，超负荷运行，容易烧毁电动机。当电动机发生振动时，应检查地脚螺栓、电动机端盖、轴承压盖等是否松动。

3）检查电动机运行声音是否正常。若出现噪声或异常气味，应及时停机，检查电动机地脚螺栓是否松动，轴承是否损坏，接地装置是否可靠。若发现问题，应及时解决。

4）检查电动机三相电流是否平衡。三相异步电动机，其三相电流应基本平衡，如果任一相与其他两相偏差 10% 以上，则说明电动机有故障，应停机检查，排除故障后再运行。

5）检查电动机的控制装置，除去灰尘，使接触器触点、线圈铁心、各接线螺钉等保持良好的运行状态。

6）检查电动机工作电流是否过大。若工作电流过大，一般是负载过重引起的，应注意检查传动装置是否运转灵活，联轴器的同心度是否符合标准，齿轮传动的灵活性是否良好等。若发现卡滞现象，应立即停机排除故障后再运行。

【问答 4】 避免电动机烧毁的措施有哪些？

造成电动机烧毁的原因很多，但除了电动机本身的缺陷和缺乏保护措施外，大部分电动机烧毁的原因均为使用不当，没有进行正确的技术维护造成的。避免电动机烧毁的措施如下。

1. 保持电动机工作环境清洁

电动机在运行中，进风口周围 3m 范围内不允许有尘土、水渍和其他杂物，以防止吸入电动机内部成为短路介质，或损坏导线绝缘层造成匝间短路，使电流

增大，温度升高而烧毁电动机。

2. 保持电动机在额定电流下工作

电动机在运行中，应避免出现因负荷过大，电压过低或被带动的机械卡滞等造成电动机过载。因为过载运行时间过长，电动机将会从电网中吸收大量的有功功率，使电流急剧增大，温度也随之上升，在高温下电动机的绝缘层易老化击穿，最终造成绕组烧毁。

3. 确保起动设备工作在正常工作状态

实践表明，绝大多数电动机烧毁，是由于起动设备工作不正常造成的。如触点烧结或有污物，接触不良，使接触电阻增大，引起发热烧毁触点，造成电动机断相运行；接触器吸合线圈的铁心锈蚀或积有污物，会使线圈吸合不严，增大线圈电流，烧毁线圈。因此，应经常对启动设备进行清洁和紧固，以确保起动设备工作在正常工作状态。

4. 观察电动机有无振动

电动机在运行中若出现振动，会引起与之相连的负载部分不同心度增加，造成电动机负载增大，出现超负荷运行，最终会导致电动机烧毁。因此，当电动机出现振动时，应检查地脚螺栓、电动机端盖、轴承压盖等是否松动，接地装置是否可靠，若松动，应进行紧固，以避免故障扩大而造成电动机烧毁。

5. 监视电动机的温度

电动机温升过高是电动机绕组烧毁的先兆。因此，要经常检查电动机的轴承、定子、外壳等部位的温度有无异常变化。尤其对无电压、电流和频率监视及没有过载保护的电动机，更要重视对电动机温度的监视。发现有温度异常升高现象时，应立即停机检查，排除故障后，再投入运行。

6. 及时停机

当电动机在运行中出现转速突然变慢、有较大振动或噪声或异常气味时，应立即断电停机，并进行检修。

【问答5】 怎样选择电动机保护装置？

电动机保护装置是一种防止电动机发生意外事故或损坏的设施。常用的保护装置及其功能如下：

1. 接地保护

接地保护是使电动机良好地接地，能防止电动机金属外壳带电。避免触电事故的发生。



2. 熔断器保护

熔断器是一种能承受电动机正常电流的器件。当发生短路时，熔丝迅速熔断，切断电源以保护电动机不受损害。

3. 热继电器保护

热继电器由热元器件、双金属片和触点三部分组成，热元件串接在电动机定子绕组电路中，当电动机发生过载时，热元件产生热量使双金属片弯曲移位，断开供电电路，使电动机断电停机，从而起过载保护的作用。

4. 电流延时继电器保护

电流延时继电器属于时间继电器，它具有一定的延时功能，可防止短时过载大电流引起电动机和机械传动系统发生机械性损坏，以及绕组绝缘不良和松动处短路。

5. 电接触温度计保护

电接触温度计用于检测电动机绕组或轴承的温度，能防止因绕组或轴承温度过高造成的电动机损坏。

6. 失电压保护

失电压保护是一种电压控制电路，当电源电压低于正常允许值时，切断电源，使电动机停转，电源恢复正常时，电路恢复，电动机又自动起动。可防止电动机长时间在低压下运行而造成损坏。

7. 零序保护

能防止零序电流损坏电动机。

【问答 6】 怎样选用电动机润滑脂？

轴承润滑脂质量的好坏，与电动机的起动力矩、运转力矩、温升有着直接的影响。因此，对电动机轴承润滑脂的性能有如下要求：

1）流动性好，具有能承受高低温性能，使用温度在 $-25 \sim +120$℃。

2）润滑性能、抗磨性好，不干涸、不甩油、不流失、不乳化，纯洁不含有固体物质。可降低电动机轴承的磨损及噪声。

3）抗氧化性能好，经长期使用后，润滑脂的外观颜色、酸碱度变化小，无明显氧化现象。

4）防锈性能、防盐雾能力强，抗水性好，适应于室内外环境，沿海地区等恶劣环境使用。

5）绝缘等级为 A、E、B 级。品质纯正，不得含有硫、氧极压添加剂。

6）使用寿命长，能延长维修周期，减少轴承消耗，节省维修费用。

不同品种润滑脂的名称、牌号、性能及适应场合如表2-2。

表2-2 不同品种润滑脂的名称、牌号、性能及适应场合

名称		牌号	外观	滴点 t/℃ 不低于	工作锥入度 (1/10)h/mm	适用场合
钙基润滑脂	1号 2号 3号 4号 5号	ZG—1 ZG—2 ZG—3 ZG—4 ZG—5	从深黄色到暗褐色，在玻璃上涂抹1～2mm厚的润滑脂层，对光检查时，呈均匀无块状油膏	75 80 85 90 95	310～340 265～295 220～250 175～205 130～160	工作温度低于55～60℃与水接触的封闭式电动机，各种工农业与交通机械设备的轴承润滑。特点为耐水，但不耐热
钠基润滑脂	2号 3号 4号	ZN—2 ZN—3 ZN—4	深黄色到暗褐色均匀油膏	140 140 150	265～295 220～250 175～205	在较高工作温度、清洁无水分的条件下，用于开起式电动机，其工作温度分别为2号低于115℃，3号低于115℃，4号低于130℃
高温钠基脂			深绿色纤维状均匀软膏		170～225	高温钠基脂工作温度在140～160℃之间
钙钠基润滑脂	1号 2号	ZGN—1 ZGN—2	黄色到深棕色的均匀软膏	120 135	250～290 200～240	在80～100℃，允许有水蒸气的条件下，用于开起式、封闭式电动机。不适于低温
石墨钙基润滑脂		ZG—S	黑色均匀油膏	80	—	适用于工作温度60℃以下粗糙、重负荷摩擦部位，不适用于滚动轴承润滑
二硫化钼润滑脂				210	290～330	适用于20～80℃，3000r/min常见的中小型机电设备等滚子轴承润滑，也适用于各类油杯加油的轴瓦及间隙0.5mm以上的重负荷设备轴瓦润滑
锂基润滑脂	1号 2号 3号 4号	ZL—1 ZL—2 ZL—3 ZL—4	淡黄色到暗褐色均匀油膏	170 175 180 185	310～340 265～295 220～250 175～205	通用长寿命的润滑脂，可代替钙基、钠基、钙钠基脂，能长期在120℃左右的环境工作。广泛用于高温高速与水接触的机器上。2号用于中小型电动机，3号用于大中型电动机
铝基润滑脂	2号	ZU—2	淡黄色到暗褐色的光滑透明油膏	75	230～280	用于常温工作，有大量水分场合使用的电动机

【问答7】 怎样安装和使用振动电动机？

振动电动机是一种使用380V/50Hz电源的异步电动机，有卧式和立式两种，



均为封闭自冷式结构。下面以卧式安装的振动电动机为例，介绍其安装和使用方法。

1. 振动电动机的安装

（1）安装前的检查

1）检查绕组的绝缘性。用 500V 绝缘电阻表检测绕组的绝缘电阻，在接近工作温度（70℃）时，其阻值不应低于 0.38MΩ，否则，应进行烘干处理。

2）检查电缆线是否完好，若发生断裂、表面绝缘层破损则不能使用。

3）检查机体有无损伤，若损坏则不能使用。

（2）安装步骤

1）振动电动机的机壳上设置有吊环，安装时将振动电动机吊装到振动机械上。

2）在振动电动机的地脚螺栓处加弹簧垫圈，并用螺母紧固。

3）振动电动机安装就位后，在机体及基础上，均要有电缆压紧装置，使两者之间电缆呈自然悬吊状，总长度为 300～500mm 为宜。

4）电源线选用和连接。振动电动机的出线由于要承受振动，所以应选用重型四芯电缆。连接时，在靠近电缆出口处不允许突然弯曲，要有一个大于电缆外径 8 倍以上的弯曲半径，并使用专用框架固定，防止松动。在固定电缆的卡子处应垫上柔软的绝缘材料，以防止因摩擦而造成电缆线表面的绝缘层损坏。四芯电缆的接地线，一端与接线盒内的接地螺钉相连接，另一端必须可靠接地。

小型振动电动机，机壳上没有接线盒，一般使用三芯电缆作电源线，可直接从电动机内部接线。在电动机的底脚附近有接地螺钉，使用时必须可靠接地。

电动机的电缆出线不能太长，以便作业及电缆的保护。

5）试机。检查两台振动电动机的转向是否相反。正常时，两台电动机的转向应相反，才能保证物料的走向均匀。否则，应调换一台电动机的电源相序，使两台振动电动机的转向相反，才能使用。

2. 振动电动机的使用

（1）紧固地脚螺栓

振动电动机在运行时，由于振动过大会出现地脚螺栓松动，因此应经常检查，及时紧固。特别是运转初期，由于螺栓、螺母、底平面间的磨合，会降低紧固力，而出现松动现象。因此，对于新安装的振动电动机每天（或每个班）应紧固一次。正常使用时，每班次应对地脚螺栓进行检查，发现松动应进行紧固。

（2）激振力的调整

振动电动机每端出轴均有一个固定偏心块和一个可调偏心块，调节可调偏心

块和固定偏心块之间的夹角即可改变激振力的大小。

激振力的调整步骤如下：

1）拆除电动机的防护罩；

2）旋松外侧偏心块加紧螺栓；

3）将两侧偏心块同方向旋转，使轴上刻线对准偏心块上激振力示值线至需要的激振力值处。

4）检查振动电动机两端出轴上的可调偏心块的角度是否相同。

【问答8】 长期停放的电动机重新使用时，应做哪些工作？

电动机长时间停用后，会使电动机受潮，而导致绝缘电阻下降；轴承润滑脂干涸，会造成电动机不能正常起动，即使能起动也不能正常运转。因此，应先对电动机进行如下处理再使用。

1. 测量绝缘电阻

电动机定子、绕组各相间及绕组对地电阻应满足下式：

$$R > U_n/(1000 + P/1000)$$

式中，R 为绝缘电阻（MΩ）；U_n 为电动机绕组额定电压（V）；P 为电动机功率（kW）。

对于额定电压为380V的三相电动机，其绝缘电阻应大于0.38MΩ。若绝缘电阻过低，则应对电动机进行干燥处理。

2. 清洗轴承

拆下轴承进行清洗，并更换润滑脂。

【问答9】 电动机三相电流不平衡的原因有哪些？

电动机三相电流不平衡的原因主要有

1）电源三相电压不平衡；

2）电动机内某相支路焊接不良；

3）电动机绕组匝间短路或相间短路；

4）接线错误。

电动机三相电流不平衡一般伴随发生电动机发热。应立即停机检查，长时间运行，则会烧毁电动机。



【问答 10】 电动机断相的原因有哪些？

电动机断相一般是因为电源供电有问题或电动机本身有问题。

1. 电源方面

1）电网断相或电源变压器断线；

2）为电动机提供电源的开关接触不良；

3）熔丝熔断。

2. 电动机方面

1）电动机接线盒固定线头的螺钉松脱；

2）内部接线虚焊或脱焊；

3）绕组断线。

电动机断相表现为电动机不能正常起动运转，或运行中出现异常振动和噪声，应立即停机检查。

【问答 11】 电动机为什么会产生轴电流？怎样预防？

电动机在运行中轴-轴承座-底座回路中存在的电流称为轴电流。轴电流的存在是十分不利的，它会使电动机轴承表面或滚珠受到侵蚀，形成许多点状微孔，使轴承运转性能恶化，摩擦损耗和发热增加，最终造成轴承烧毁。

1. 轴电流产生的原因

1）供电电流中有谐波；

2）磁场不对称；

3）可拆卸式定子铁心两个半圆间有缝隙；

4）定子铁心拼片数目选择不合适；

5）安装不规范，转子偏心造成转子与定子之间的气隙不均匀。

2. 预防措施

1）在电动机制造时，使滑动轴承座绝缘，滚动轴承的外圈和端盖绝缘；

2）消除脉动磁通和电源谐波（在变频器侧加装交流电抗器）。

【问答 12】 起动电动机前应做哪些检查？

起动电动机前应做以下 7 个方面的检查：

1）检查电动机所处的环境是否符合要求，应清除杂物，远离易燃易爆物品，防止火灾和意外事故发生。

2）测量绝缘电阻（对低电压电动机的绝缘阻值不应低于0.5MΩ），绝缘电阻过低，不能使用。

3）测量电源电压是否符合要求。

4）检查电动机接线是否正确。

5）检查熔断器是否符合要求。

6）检查电动机的传动装置是否有缺损。

7）检查起动设备是否良好。

【问答13】 电动机轴承过热的原因有哪些？

电动机在使用过程中，应经常对轴承是否过热进行检查，发现问题及时解决。通常情况下，引起轴承过热的原因有以下8个方面：

1）轴承选用不当；

2）轴承内外圈配合过紧；

3）轴承清洗不净，有锈蚀现象；

4）润滑脂内含有杂质或润滑脂干涸，造成润滑不良；

5）机座、端盖、轴等的同轴度不好；

6）轴电流影响；

7）机组安装不当，电动机轴与被拖动机械同轴度达不到要求；

8）传动带调得过紧。

【问答14】 怎样降低电动机噪声？

电动机噪声是指电动机在运行中发出的各种声音，归纳起来有电磁噪声、机械噪声、空气动力噪声。

1. 电磁噪声

电磁噪声主要是电动机中周期变化的径向电磁力或不平衡的磁拉力使铁心发生磁致伸缩（铁磁物质由于磁化状态的改变，其尺寸在各方向发生变化）和振动引起的。同时，电磁噪声也与定子、转子本身的振动特性（如固有频率、阻尼、机械阻抗等）有关。例如，当动力和固有频率共振时，即使电磁力很小也会产生很大的噪声。



降低电磁噪声的措施有

1）对于三相电动机，在运行时应尽可能保持电压对称。

2）对于单相电动机要运行于接近圆形的旋转磁场。

2. 机械噪声

机械噪声主要由转子和轴承引起。由于轴承是转子和定子的连接件，它承受了电动机中各种力的激励并传动力，从而产生振动和噪声。另外，电动机的电刷和集电环（或换向器）的摩擦也会产生机械噪声。

降低机械噪声的措施有

1）对于转速较高或转子较长的电动机，应进行动平衡校正。

2）在装配轴承时，应注意对轴承进行清洗并选用合适的润滑脂，使轴承运动自如。

3）采用滑动轴承。

4）保持电刷与刷握有适当的间隙，保证换向器或集电环有光滑的表面和正确的几何尺寸。

3. 空气动力的噪声

电动机的空气动力噪声，包括风扇、旋转的转子和气流沿风路流动时形成的气流声。

降低空气动力噪声的措施有

1）控制风量，在保证电动机温升不超过允许范围内时，通过改进风扇结构和风路系统，应尽量减少风量。

2）在电动机设计制造时，将定子、转子径向通风道互相错开，以避免定、转子径向通风道对齐而产生噪声。

【问答 15】 电动机在哪些情况下应立即切断电源？

电动机在运行中遇到下列情况时，必须立即切断电源，否则会烧毁电动机。

1）接通电源后，电动机不能起动也无任何声音。

2）接通电源后，电动机发出“嗡嗡”声，但不能起动或虽然能起动但转速很慢。

3）接通电源后，电动机壳内出现火花或冒烟。

4）电动机在运行中，壳体温度、轴承温度超过允许值。

5）电动机转速太快或产生强烈振动。

6）电动机在运行中有焦煳味。

7）电动机在运行中冒烟或起火。

8）电动机外壳漏电。

9）电动机在运行中发出异常响声。

10）电动机在运行中被拖动的作业机械发生故障。

【问答16】 电动机发生火灾的原因有哪些？怎样预防？

电动机是一种将电能转化为机械能的动力设备，其本身存在火灾的可能性。电动机发生火灾是十分危险的，轻者烧毁电动机，严重时会导致整套设备损坏，甚至造成人员伤亡事故。

1. 电动机发生火灾的原因

电动机在使用时发生火灾的原因主要是选型不当和使用不规范造成的，归纳起来的有以下6个方面。

1）选型不当。没有根据使用场合的特殊性选用具有防护功能的电动机，如防爆、防尘等。

2）过载。电动机超负荷运行、电压过低以及三相异步电动机铁损耗过大，使电动机过载，长时间过载会使电动机温升过高而发生火灾。

3）短路。电动机运行时若出现匝间短路、相间短路和对地短路都有可能引发火灾。

4）接触不良。电动机在运行时如果连接线圈各个接点或引出线接点松动，引起接触电阻增大，严重时就会发生火灾。

5）单相运行。三相电动机在一相不通的情况下运行，造成电动机严重发热，最终会引发火灾。

6）机械摩擦。由于电动机与配套机械安装不规范，运行中产生机械摩擦，使电动机温度升高，而发生火灾。

2. 电动机火灾的预防方法

预防电动机火灾的发生应从以下三个方面着手。

（1）正确选型

1）正确选择电动机的功率。选择电动机的功率应根据电动机的使用场合来确定，一般情况下电动机的额定功率应等于被拖动生产机械的功率。对于一些特殊场合，电动机的功率应略大于被拖动生产机械的功率，以防止电动机过载。

2）正确选择电动机的防护形式。电动机的防护形式可分为开启式、封闭



式、密闭式和防爆式四种。选择什么防护形式的电动机，应根据使用环境来决定。清洁、干燥、无有害气体的场所，可选择开启式电动机；干燥，但灰尘较多的场所，可选择封闭式电动机；用于潜水或有导电粉尘的场所，应选择密闭式电动机；用于有爆炸危险的场所，应选择防爆式电动机。

（2）采用适当保护装置

应根据电动机的工作环境采取适当的保护装置。

（3）加强适时监控和维护

当电动机在运行中发生不正常状况时，一般会从线电流的大小、电压的升降、温升的高低、声音的差异等方面表现出来。通过对电动机运行中的适时监控，发现问题及时采取措施处置，就完全可以避免电动机火灾的发生。

【问答 17】 怎样降低电动机能耗？

电动机是工农业生产机械的动力，电动机电能的消耗在工农业生产成本中占有一定的比例，随着机械化、电气化程度的不断提高，这个比例将越来越大。因此，降低电动机能耗，对于缓解较紧缺的电力的供需矛盾，降低生产成本，有着极其重要的意义。降低电动机能耗的措施有以下 9 种。

1. 选用高节能电动机

我国电动机制造技术处在不断更新发展阶段，其中节能是新技术的核心内容。但由于电动机的使用寿命较长，很多老式淘汰产品还在继续使用，增加了电能消耗。因此，对于已经淘汰的电动机应进行更换。在选用电动机时，应注意铭牌上的节能标志，选用电动机专业生产厂家的高效节能产品，以利于降低能耗。

2. 尽量选用三相电动机

对于同功率的电动机，三相电动机要比单相电动机的体积小、重量轻、振动小、效率高。因此，对于具备三相电源条件的用户，应尽量选用三相电动机，以利于降低能耗。

3. 合理匹配功率

在选用电动机时，其功率应与生产机械的功率相匹配（一般比生产机械的功率大 10% 即可）。

4. 并联移相电容器，提高功率因数

由于异步电动机属于感性负载，运行时要消耗一定的无功功率，所以其功率因数不高。如果在电路中并联电容器给电动机就地补偿，就可以减少无功功率损耗，同时由于电容器补偿后的总电流减少，使得电路的有功损耗也有所减少，从

而降低能耗的作用。

5. 根据负载大小改变绕组接法

电动机绕组的接线形式有星形联结和三角形联结两种。根据电动机接线原理，星形联结改为三角形联结后，其相电压会增大1.73倍，而相电流会减少1.73倍。三角形联结改星形联结后，其相电压会减少1.73倍，而相电流会增大1.73倍。

因此，对于采用一机多用的农业机械和小型工厂加工机械的使用场合，根据负载的大小，改变电动机绕组接法，有利于改善绕组电流，达到降低能耗的目的。

6. 避免在电压过低时使用电动机

由于电网供电半径过大，负荷分布不均匀及三相四线制低压供电系统三相负荷不平衡等因素的影响，会造成电网电压偏低，使工作中的电动机电流偏大，损耗增大。可以通过错开用电高峰时间使用电动机，以降低能耗。

7. 确保电源三相电压对称平衡

电动机在三相电压不平衡运转时，会在电动机内产生负序磁场，形成负序电流与负序转矩，从电动机轴上吸收一部分功率并消耗在电动机内部，使电动机输出功率降低。同时，负序磁场在转子上还会引起额外的损耗，造成电动机总损耗增加。可以通过调整接线，使电动机电源的三相电压对称，以减少电动机额外损耗。

8. 使电动机在最高效率运行

电动机运行时其铁心处于交变磁场中会产生铁损耗，绕组通电后会产生直流功耗。当有功损耗中的铁损耗等于直流功耗时电动机效率最高。然而，此时并不是出现在额定负载上，而是出现在低于额定负载。因此，应合理配套使用，使电动机运行在高效率工作区，以提高效率来降低能耗。

9. 加强维护保养

电动机技术性能的好坏对其工作效率有着直接的影响，因此应对电动机进行及时维护保养，避免因温度、灰尘、水渍、污物等危害，保持电动机的良好技术状态，达到降低能耗的目的。



第 3 章　电动机的保养

【问答 1】　怎样维护保养电动机?

电动机的维护保养包括日常维护保养和定期维护保养，其中，定期维护保养又分为小修和大修。

1. 日常维护保养

1）检查电动机与机组的固定螺栓是否松动，若松动应进行紧固。

2）检查电动机的运行声音是否正常，若异常，应停机进行检修。

3）检查电动机有无异常振动，有时给轴承添加润滑脂，防止轴承干摩擦、堵转、走外圆等现象的出现。

4）对电动机外部进行清洁。

2. 定期维护保养

（1）小修保养

小修保养一般每半年一次，保养时不作大的拆卸，只对电动机及起动设备进行一次全面检查、测试、维护和检修，需检修的项目如下：

1）清洗电动机。清除电动机外壳上的灰尘和污物，以利散热。

2）测量电动机绝缘电阻。

3）清洁电动机接线盒，清除接线盒内的灰尘和污物，检查接线压线螺钉是否烧伤、松动，紧固螺母。

4）检查电动机端盖、轴承盖各固定螺钉是否松动，并进行紧固。

5）检查轴承。拆下轴承盖，检查轴承是否漏油、缺油。若缺油，需进行清洗并添加适量的润滑脂；拆下一边端盖，检查气隙是否均匀，以判断轴承是否磨损，若严重磨损，则应更换新轴承。

6）检查电动机接地线的紧固螺钉是否松动、锈蚀，并进行紧固，使接地可靠。

7）检查绕线转子电动机的电刷磨损情况，调整电刷，当电刷磨损 1/3 时，应将整组电刷同时更换。

8）检查起动装置。清洁触点、接线。若烧伤，应进行打磨，使触点接触良好，动作一致。

9）检查传动装置。调整传动带的松紧度，若传动装置出现异常，应进行修复。

（2）大修

电动机大修一般以每运行一年进行一次，需对电动机进行清洁处理、全面检测、解体维修。需检查的项目及内容如下：

1）对电动机进行清洁处理。首先清除电动机壳体表面的灰尘和污物，然后将电动机拆开，用压缩空气吹除内部各零件表面的灰尘，并用干布擦去零件表面的污物，使机内外零件保持清洁完好状况。

2）清洗轴承。将轴承拆下后，放到煤油（或柴油）中浸泡1h，用毛刷刷除轴承上的油污，检查轴承的磨损程度，若轴承完好，加入润滑脂继续使用；若轴承磨损严重，对更换新轴承。

3）检查定子绕组。检测定子绕组有无接地、短路、断路故障。若有，应进行修理或更换。

4）检查转子。目测转子是否有损坏现象。笼型电动机转子是否断条，绕线转子电动机接线是否松脱。若转子断条或接线松脱，应进行修复。

5）检查电刷和集电环。清洁集电环，更换电刷。

6）检查定子与转子铁心有无相擦。可拆开观察有无相擦的痕迹。若有，应对定子铁心和转子铁心进行调整。

7）检查起动装置。拧紧接线螺钉，清除触点上的污物，使起动装置保持良好的技术状态。

8）试运行。电动机装配后，先测量绝缘电阻是否正常；若正常，再通电，使电动机空转，检查传动部件是否灵活、运行声音是否正常、有无振动；若一切正常，再带载运转，测量三相电压和电流，正常时，三相电压应基本相等，各相电流与平均值的误差不得超过10%。

9）填写检修单。包括电动机型号、检修项目、更换零部件名称、检修日期等内容，并由检修负责人签字备查。

【问答2】 怎样正确使用与维护保养熔断器？

在低压电动机电路中熔断器是一种起保护作用的装置，虽然结构简单，但必须正确安装、经常维护，才能达到应用的保护效果。



1. 熔断器的安装

1）安装前，应检查熔断器的额定电压、额定电流及极限分断能力等参数是否与使用场合的要求相一致。

2）熔体是熔断器的核心，安装时应注意不要使熔体受到机械损伤。

3）安装时，应保证熔体和触刀及触座接触良好，以防止在使用时因熔体温度过高而发生误动作。

4）安装时，应使熔断器周围介质的温度与电动机周围介质的温度基本一致，以免熔断器的保护特性产生误差。

5）熔断器安装必须牢靠，避免因某一相接触不良而导致电动机断相运行而烧毁。

6）用于连接熔断器的导线其截面积和材质必须符合要求，不得随意改动，以避免因材料的温升不符合规定而使熔断器发生误动作。

2. 熔断器的维护保养

1）经常对熔断器进行检查，及时清除其表面上的灰尘，使熔断器保持良好的工作状况。

2）经常检查熔断器是否动作，若已动作，应及时更换。

3）经常检查熔体是否损伤或熔断，若熔断，应更换熔体。但必须注意，用于更换的新熔体其规格应与原熔体的规格相一致，以保证熔断器动作的可靠性。

4）更换熔体或熔管时，应先切断电源，不得带电操作。

【问答3】 怎样清洗电动机轴承？

电动机一般使用半年时间后就应该对轴承进行清洗。轴承的清洗方法如下：

1. 一般清洗法

将轴承放入煤油（或柴油）中浸泡0.5h左右，一手捏住轴承内环，另一只手反复转动外环，使轴承上的油污或防锈膏基本脱落后，再放到盛有煤油的盆内，用毛刷洗刷，将滚珠和缝隙中的油污洗净，再放到干净的汽油中清洗一遍，取出后放到干净的纸上晾干。

向心球面轴承和短圆柱滚子轴承清洗时，应将滚珠、珠架、内环与外环脱开清洗。

2. 热油清洗法

对于使用时间较久，软干油或防锈膏硬化的轴承，先将轴承放入油中浸泡1h左右，然后对油进行加热，使油温升高到100～200℃，软干油或防锈膏即可

熔化。用钳子夹住轴承，用毛刷进行刷洗，油污很容易从轴承的缝隙中流出。最后放到干净的油中清洗一遍，取出后放到干净的纸上晾干。

在清洗过程中一定要注意，不得使用刀片或锋利的工具去刮轴承上结硬的油垢或锈蚀，以免损坏轴承滚动体和槽环部位的光洁度。

【问答4】 怎样给电动机轴承补充润滑脂？

补充润滑脂是轴承保养的一项重要内容。

1. 补充润滑脂的目的

给电动机轴承补充润滑脂的目的主要有以下四个方面：

1）使轴承滑动面保持润滑，防止发生金属接触。

2）使轴承的滚动接触面构成一层油膜，使之能耐荷重、耐磨耗。

3）起防腐、防尘、防振、隔音的作用。

4）清除轴承内原有老化润滑脂及微小磨的金属粉末，使轴承保持良好的润滑状态。

2. 补充润滑脂的基本要求及操作

（1）补充润滑脂的基本要求

轴承及其接触部分的构造如图2-2所示，对于购入后开始运转或停放几个月

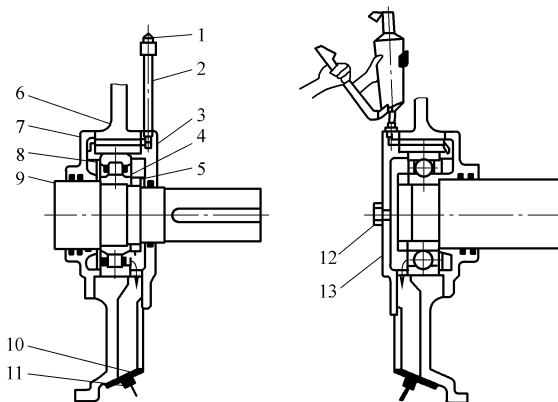


图2-2 轴承及其接触部分的构造

1—滑脂注油嘴 2—滑脂导管 3—外轴承盖 4—轴承垫圈 5—轴承螺母 6—轴承托架 7—内轴承盖 8—滚子轴承 9—主轴 10—排出口盖 11—盖固定螺栓 12—螺栓 13—轴承箱



后又重新运转的电动机均应补充润滑脂。补充量不能过多，也不能过少。补充量过多，则会使润滑脂在轴承内产生搅拌阻力，而导致轴承过热，使轴承长时间处于高温状态。此外，过多的润滑脂还会出现泄漏现象。补充量过少，则润滑脂不能循环到轴承本体内部，不能起到润滑的作用。

轴承润滑脂的补充包括充入和排出两种操作，即充注后，再揭开排出口盖，将多余的润滑脂排出，使轴承保持良好的润滑状态。

（2）充注量

充注量应分为初次充填和补充充填两种情况。

初次充填量是指新购轴承开始使用和经分解清洁的轴承重新使用的充填量。应将轴承内充填约 1/3，其余填入于内轴承盖。

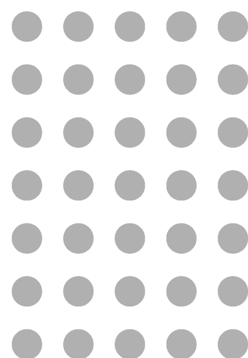
补充充填是指正常使用中的轴承补充润滑脂，应按其实际运行时间补充。

补充时间间隔：对于每日三班运转的电动机，按每日 24h 运转计算补充间隔时间；对于每日运转有 12h、8h、6h 等变化不定的电动机，按每 12h 运转计算补充间隔时间。

常用轴承润滑脂充填量及补充间隔如表 2-3。

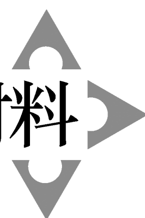
表 2-3　常用轴承润滑脂充填量及补充间隔

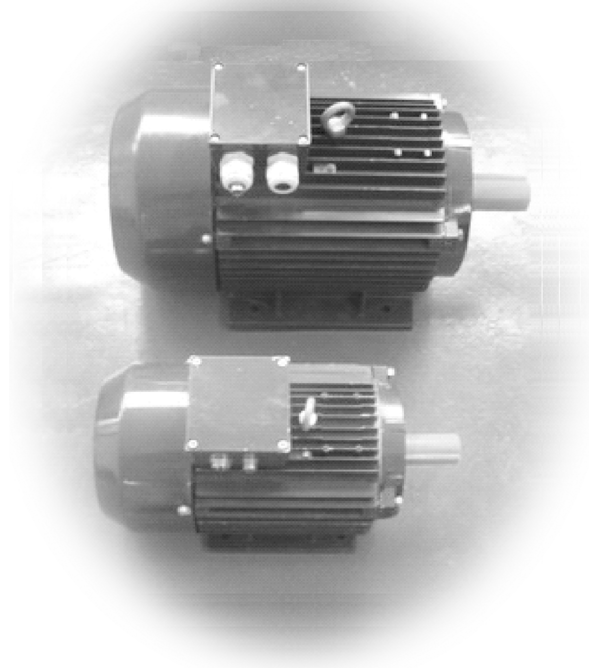
轴承番号	初次充填量 /g	补给量 /g	每日 24h 运转补给间隔(日)(3)					
			2 极	4 极	6 极	8 极	10 极	12 极
6310	50	30	70	130	130	130	130	130
6311	100	30	70	130	130	130	130	130
6312	100	30	50	130	130	130	130	130
6313	100	30	50	130	130	130	130	130
6314	200	50	50	130	130	130	130	130
6315	200	50	40	90	130	130	130	130
6316	200	50	30	90	130	130	130	130
6317	200	50		90	130	130	130	130
6318	300	50		90	130	130	130	130
6319	300	50		70	130	130	130	130
6320	400	80		70	130	130	130	130
6321	400	80		70	130	130	130	130
6322	600	80		70	130	130	130	130
6324	600	80		50	90	130	130	130
6326	1000	100			90	130	130	130
6328	1000	100			90	130	130	130

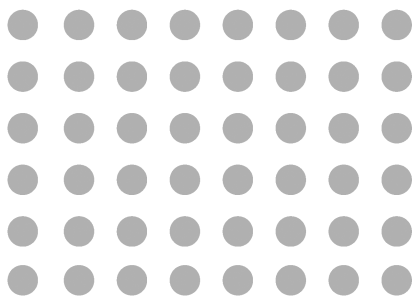


第3篇

看图学电动机维修工具、仪表、材料









第1章 维 修 工 具

【问答1】 维修电动机的常用工具有哪些？

维修电动机的常用工具主要有

1. 试电笔

试电笔是用来检测低压线路和电气设备是否带电的低压测试器，检测的电压范围为60～500V。试电笔由壳体、笔尖头、电阻、弹簧、氖管等组成。为了便于携带和使用，一般做成钢笔式和螺钉旋具两种形式，如图3-1所示。



图3-1 试电笔

使用试电笔应注意的事项：

1）手应触及试电笔尾部的金属体，否则不成电路，氖管不发光。

2）试电笔氖管辉度较低，应避光观察，以防误判。

3）试电笔前端应加护套，笔尖部位只能露出10mm左右，以防止在测试时引起相线之间及相线对地短路。

2. 电工刀

电工刀是用来割削电线外表绝缘材料的一种刀具，有组合式和单刀式两种。单刀式结构电工刀如图3-2所示。

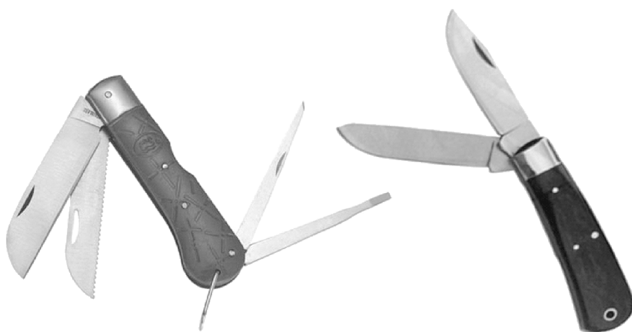


图3-2　电工刀

使用电工刀应注意的事项：

1）剖削导线绝缘层时，用左手握导线，右手握电工刀，将刀面与导线成45°角倾斜切入，以免割伤导体。

2）不得使用电工刀去割削带电的导线，以防止发生触电事故。

3. 电工钳

维修电动机所需的电工钳有剥线钳、断线钳、尖嘴钳和钢丝钳四种，如图3-3所示。



图3-3　电工钳

剥线钳的柄部绝缘耐压为500V，钳口部分制作有几个不同规格的刃口，用于剥落不同规格导线绝缘层。



断线钳的柄部绝缘耐压为 500V，用于裁剪较粗的金属导线、电缆，故又称剪线钳。

尖嘴钳的钳柄绝缘耐压为 500V，头部尖而长，且有横向丝纹，用于夹持安装较小的螺钉、垫片，剪断和弯制线径较小的导线。

钢丝钳的钳柄绝缘耐压为 500V，在维修电动机中，可用来夹持线头，剪断导线，扳动或紧固螺母，绑扎绕组时用来绞线等。

4. 电烙铁

电烙铁主要由手柄、电热元件、烙铁头等组成，根据烙铁头的加热方式不同，可分为内热式和外热式两种。外热式电烙铁的结构如图 3-4 所示。在电动机维修中，一般采用功率为 40W 以上的外热式电烙铁，来焊接导线。

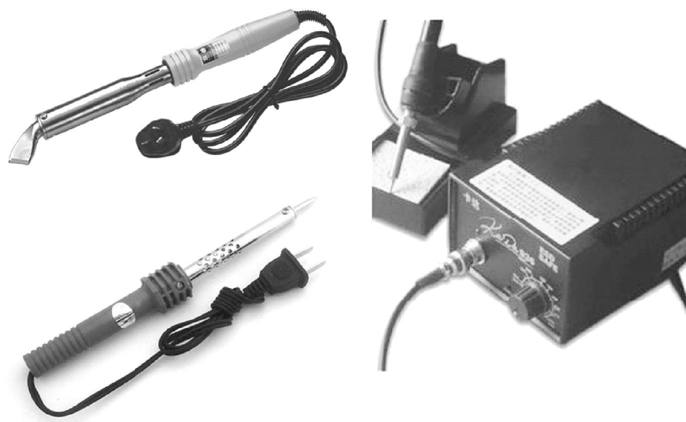


图 3-4 电烙铁

使用电烙铁应注意的事项

1）先刮除需焊导线头的漆皮及污物。

2）对于紫铜烙铁头，应先除去烙铁头的氧化层，通电加热，当烙铁头变为紫色时，再进行上锡、焊接。

【问答 2】 维修电动机的专用工具有哪些？

维修电动机的专用工具有

1. 绕线机

绕线机的外形如图 3-5 所示。在维修电动机时，用来绕制线圈。

2. 划线板

划线板一般采用硬质塑料或有机玻璃制成，外形如图 3-6 所示。划线板的



图 3-5　绕线机

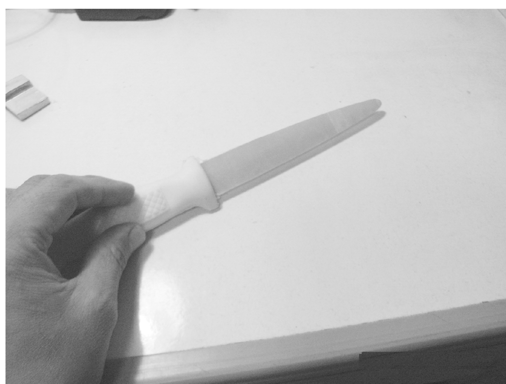


图 3-6　划线板

作用主要是分开槽口的绝缘纸、理齐堆积在槽口的导线，以方便其他的导线入槽。

3. 压线板

压线板由优质钢材制成，其外形如图 3-7 所示，用于将线圈压入槽内，使线圈整齐、规范。由于槽口的宽度各不相同，因此应配备多把压线板。

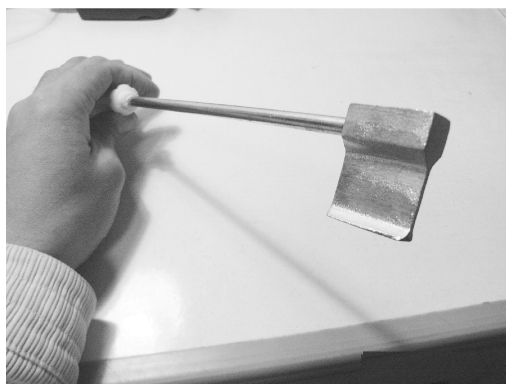


图 3-7　压线板



4. 拉具

拉具又称拉钩，一般由中碳钢制成，有两爪式和三爪式结构，其外形如图3-8所示。在维修电动机中，用来拆卸皮传动轮、联轴器和滚动轴承。

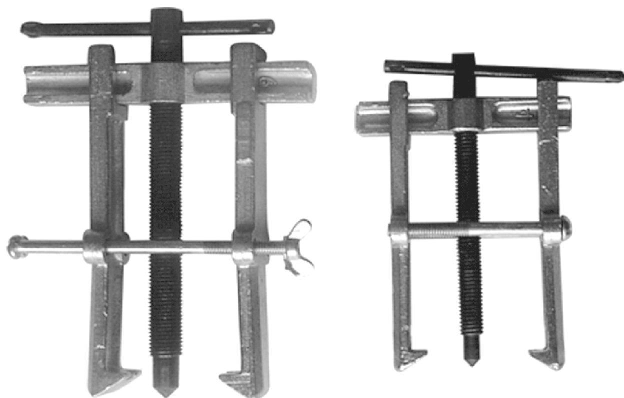


图3-8　拉具

5. 千分尺

千分尺是用来测量漆包线直径的工具，有机械式和电子式两种类型。较常用的是机械式千分尺。

机械式千分尺的外形如图3-9所示。精密螺杆在螺母中每转动一圈，即沿轴线移动一个螺距。利用螺杆转动的角度来表示移动的距离。测量时，转动的整圈数从固定套上的刻度读出，小数部分从微分筒圆周上的50个等分刻度读出。精密螺杆的螺距常采用0.5mm，转动微分筒上的一个刻度，相当于精度螺杆移动0.01mm，这就是千分尺的分度值。

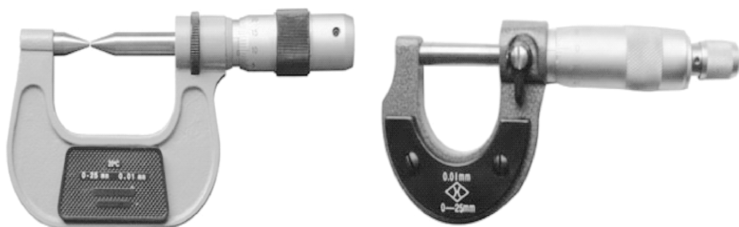


图3-9　千分尺

使用千分尺测量线径时应注意以下几个方面：

1）被测的漆包线要放直，不能弯曲，否则会影响测量的准确性。

2）擦净两个测量面，对准零位，确认没有漏光现象。

3）测量时只能旋转测力装置，不得直接旋转微分筒，否则会导致精密螺纹

变形，造成千分尺损坏。

6. 塞尺

塞尺又称厚薄规，由一组具有不同厚度级差的薄钢片组成，其外形如图3-10所示。塞尺一般用不锈钢制造，各片厚度由 0.02mm ~ 3mm 不等，即最薄的为0.02mm，最厚的为 3mm。自 0.02 ~ 0.1mm 间，各钢片的厚度级差为 0.01mm；自 0.1 ~ 1mm 间，各钢片的厚度级差为 0.05mm；自 1mm 以上，各钢片的厚度级差为 1mm。

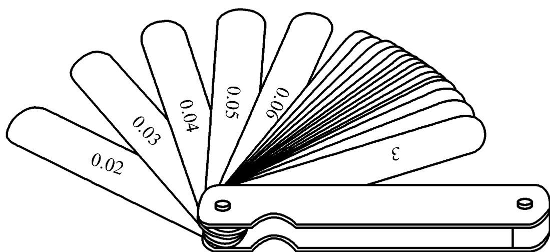


图 3-10 塞尺

塞尺用于测量间隙尺寸，以判断被测尺寸是否合格，一般采用通止法判断，即根据被测间隙的理论尺寸，将相应厚度的钢片插进去，若不能通过，则判断该间隙过小；若钢片插入后，钢片表面与被测表面很松动或有明显间隙，则判断该间隙过大。



第2章 维修仪表与材料

【问答1】 维修电动机所需的仪表有哪些？

维修电动机所需的仪表主要有

1. 万用表

万用表有指针式和数字式两种。在维修电动机中，常用万用表测量电动机的电压、电流、电阻等，以判断电动机的故障所在。

（1）指针式万用表

指针式万用表的外形结构如图3-11所示，主要由表头、选择开关、测量线路三部分组成。使用时应注意以下事项：

1）使用前，应进行机械调零和欧姆调零。

2）万用表必须水平放置，以免造成误差。

3）在测量过程中不能同时换档，尤其是在高电压大电流时更应注意。否则会损坏万用表。



图3-11 指针式万用表的外形

（2）数字万用表

数字万用表是一种能将连续的被测模拟电参量自动变成断续的，用数字编码方式、以十进制数字自动显示测量结果的电子测量仪表。它也是维修电动机不可缺少的仪表。数字万用表的外形如图3-12所示。

使用数字万用表应注意以下事项：

1）要根据测试项目选择插孔或转换开关的位置，在测量电压、电流、电阻交替进行时，不要忘记换档。

2）切不可用测量电阻、电流的档位测量电压，或用直流电流或电阻档去误

测交流电源，这都会令万用表会立即烧毁。

3）数字万用表红、黑两根表笔的位置不能接反、接错，否则会造成测量错误。在测试过程中，若显示屏上显示“000”，则说明是档位选择错误，应立即改正。

2. 钳形电流表

钳形电流表是用于测量正在运行的电气线路中电流参数的仪表。其外形如图3-13 所示。在维修电动机中，主要用于测量三相电流，判别三相极性。



图 3-12　数字万用表



图 3-13　钳形电流表

使用钳形电流表应注意以下事项：

1）正确选择量程，对于电流大小无法估计时，应先用大量程进行测量，再逐步换成合适的量程进行测量。注意，更换量程时，应先使钳形电流表脱离电路。

2）测量时，应将被测载流导线放置于钳口中心位置，以减少测量误差。

3）测量时若有噪声，则说明钳形电流表的钳口接触不良，应清除钳口处的污物，将钳口重新开合一次再测量。

3. 绝缘电阻表

绝缘电阻表是用于测量绝缘电阻的仪表。绝缘电阻表有采用手摇发电机供电



和电池供电两种类型，在电动机维修中，一般使用电池供电的磁电式绝缘电阻表。

绝缘电阻表的外形如图 3-14 所示。根据表盘上的指针指示进行读数。



图 3-14　绝缘电阻表

使用磁电式绝缘电阻表应注意以下事项：

1）测量电动机绝缘时，应先断开电源，不得带电测试，否则会损坏电动机或绝缘电阻表。

2）绝缘电阻表使用时应放置平稳，且远离大的外电流导体和外磁场，不得在高压设备附近进行测试。

3）进行测试时，摇动的速度应由慢逐步加快，当转速达到 100 ~ 140r/min，表针稳定时再读数。

4）测试完毕后，待表内发电机停止转动后再拆线，未停止转动之前或被测设备未放电之前，严禁用手触及，以防止发生触电事故。

4. 短路侦察器

短路侦察器是一种用来检测电动机绕组接地、短路或断路的专用仪器。

短路侦察器是根据变压器原理制成的铁心线圈，其铁心采用 H 形硅钢片叠压而成，上面有磁绕组，相当于变压器的一次绕组。

5. 百分表

百分表是一种精度较高的比较量具，主要用于测量零件的圆度、圆跳动、平面度、平行度和直线度等形位误差，也可用来校正工件。

百分表的结构原理如图 3-15 所示。当测量杆向上或向下移动 1mm 时，通过

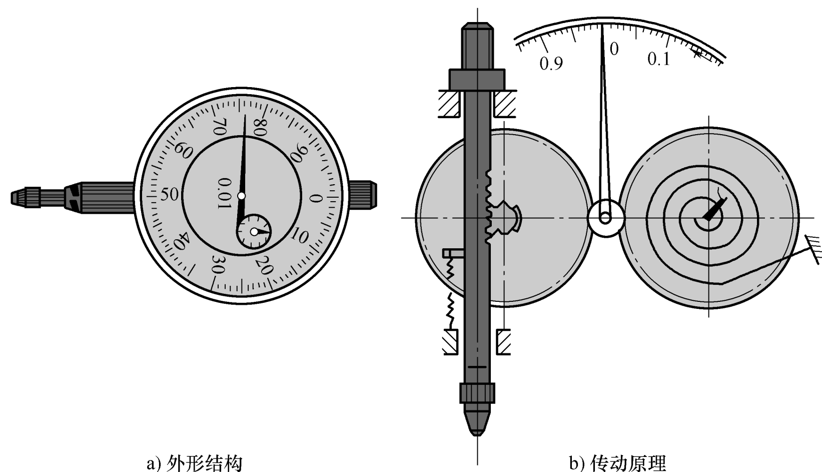


图 3-15　百分表

齿轮传动系统带动大指针转一圈，小指针转一格。刻度盘在圆周上有 100 个等分格，每格的读数值为 0.01mm。小指针每格读数为 1mm。测量时指针读数的变动量即为尺寸变化量。刻度盘可以转动，以便测量时大指针对准零刻度线。

百分表的读数方法为先读小指针转过的刻度线（即整数），再读大指针转过的刻度线（即小数部分），并乘以 0.01，然后将小指针的读数与大指针的读相加，即为测量的数值。由于百分表在测量时小指针各格读数值为 0.01mm，所以测量出的数值不是绝对数值，只能是相对数值。

百分表一般都配有表架，在使用时要将百分表装到表架使用。常用的表架有万能表架、磁性表架和普通表架三种。

使用百分表应注意的事项：

1）使用前，应检查测量杆活动的灵活性。可轻轻地推动测量杆，检查测量杆在筒内移动是否灵活，有无卡滞现象；松开手后，指针能否回到原位。若量杆动作不灵活，手松开后指针不能回到原来的刻度位置，则应检查、调整后再使用。

2）测量前，应让大指针指到刻度盘的零位，以便于正确读数。

3）测量时，不要将测量杆的行程超过它的测量范围，不要使表头与工件发生撞击，也不要用百分表测量表面凹凸不平或很粗糙的工件，以免损坏表头。

4）测量平面时，应使百分表的测量杆与平面垂直；测量圆柱形工件时，应使测量杆与工件的中心线垂直，以获得准确的测量结果。

5）百分表使用过程中，应轻拿轻放，不得随意摔打、撞击。不用时，应使



测量杆处于自由位置，以免使表内弹簧失效。

6. 水平仪

水平仪是一种利用重力现象测量微小角度的测量工具。在电动机维修中，主要用于确定安装时的水平和垂直位置正确与否。水平仪有水准泡式水平仪和电子水平仪两种类型。

（1）水准泡式水平仪

水准泡式水平仪是以水准泡的所处位置来进行读数的。水准泡是一个内壁磨成一定曲率半径的玻璃管，管内装有粘滞系数小的酒精、乙醚等液体，但留有一个气泡。它随着玻璃管倾斜而移动，玻璃管上印有刻度线，从玻璃管上的刻度线可以读出倾斜的角度。

常见的水准泡式水平仪有钳工水平仪、框式水平仪、合象水平仪三种。在电动机安装维修中常用到框式水准仪，其外形结构如图 3-16 所示。

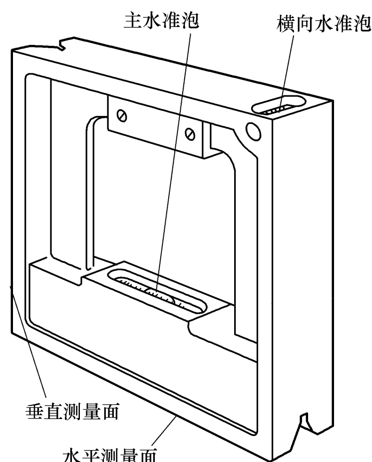


图 3-16　框式水准仪

钳工水平仪的底面是测量面，使用时，将水平仪旋转于被测物体上就可以进行读数。它仅能测量出被测面相对于水平面的角度偏差。

框式水平仪有两个垂直的测量面，可以对被测物体的垂直和水平两个位置进行测量，反映出垂直偏差和水平偏差。

合象水平仪是利用光学双象重合的方法来提高读数精度的，其分度值为 0.01mm/1000mm（相当于 2″），示值范围有 ±5mm/1000mm和 ±10mm/1000mm 两种。

（2）电子水平仪

电子水平仪是运用现代电子技术制成的一种用物体水平测量的仪器，有电感式、电容式和电阻式等种类。其中，电感式水平仪使用较多。

电感式电子水平仪的工作原理如图 3-17 所示，当测量面处于水平位置时，磁心处于绕组的中间位置，使电桥保持平衡。当测量面与水平面倾斜角为 θ 时，悬有磁心的细丝由于重力作用仍保持与水平面垂直，磁心不处于绕阻的中间位置，电桥失去平衡而输出电感量，由指示电表指示出倾斜角 θ 的数值。电子水平仪的允许误差小于 ±0.2″。

目前市场上出现了一种带电子计算机的电子水平仪，它能自动地对测量所得

数据进行处理，通过外围设备描绘出被测表面的轮廓图形，将误差值以数字显示或打印出来，既精确又直观。

7. 转速表

维修电动机一般应配备一只手持离心转速表，用于测量电动机空载转速，以判断电动机运行是否正常。

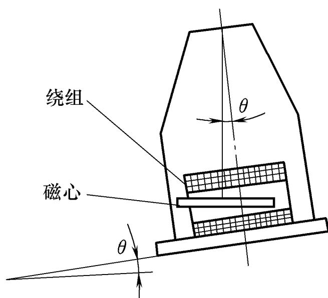


图 3-17 电感式电子水平仪

（1）使用方法

1）测试前的调整：测试前，将调速盘转到所需测量的范围内。

2）读数：读数应根据使用测试的档次来确定。若调整盘的数值在Ⅰ、Ⅲ、Ⅴ档，则测得的转速应看分度盘外盘的数字再分别乘以“10”、“100”、“1000”。若调速盘的数值在Ⅱ、Ⅳ档，则得的转速应看分度盘内圈的数字再分别乘以“10”、“100”。

（2）应注意的事项

使用手持离心转心表时，应注意的事项有：

1）注意测量范围，不得以低转速范围测量高转速。

2）测轴与被测轴接触时，动作应缓慢，同时应使两轴保持在一条直线上。

3）测量时，测轴与被测轴不应顶得过紧，以两轴接触不产生相对滑动为宜。

4）测量时，表指针的偏转方向与被测轴的旋转方向无关。

5）转速表不能测量瞬时转速。

【问答2】 维修电动机应配备的导电材料有哪些？

维修电动机应配备的导电材料主要有

1. 电磁线

电磁线是一种具有导电性能、外表绝缘的金属线。按其金属材料分为铜质线和铝质线两种，在产品型号中，铜质线的标志为“T”，铝质线的标志为“L”。按其外表绝缘层的特点可分为漆包线和绕包线两种。

（1）漆包线

漆包线是在导线表面涂覆一层绝缘漆，经烘烤后形成一层漆膜，起到线与线之间绝缘的作用。小型电动机的绕组均采用漆包圆线绕制，有些大、中型电动机



的绕组采用漆包扁线绕制。

漆包线的品种很多，常用漆包线的名称、型号、规格如表3-1。

表3-1 常用漆包线名称、型号及规格

名称		型号	规格/mm
漆包圆铜线	油性式	Q	线芯直径0.02～2.5
	聚酯式	QZ-1、QZ-2	线芯直径0.02～2.5
	聚酯胺酰亚胺式	QXY-1、QXY-2	线芯直径0.06～2.5
	聚酰亚胺式	QXY-1、QXY-2	线芯直径0.02～2.5
	环氧式	QH-1、QH-2	线芯直径0.06～2.5
	缩醛式	QQ-1、QQ-2	线芯直径0.02～2.5
	彩色缩醛式	QQS-1、QQS-2	线芯直径0.02～2.5
	聚氨酯式	QA-1	线芯直径0.015～1.0
	彩色聚氨酯式	QA-2	线芯直径0.015～1.0
	单玻璃丝包缩醛式	QQSBC	线芯直径0.53～2.5
漆包圆铝线	聚酯式	QZL-1、QZL-2	线芯直径0.06～2.5
	缩醛式	QQL-1、QQL-2	线芯直径0.06～2.5
漆包扁铜线	聚酯式	QZB	线芯窄边0.8～5.6、线芯宽边2～18
	聚酰胺酰亚胺式	QXYB	线芯窄边0.8～5.6、线芯宽边2～18
	聚酰亚胺式	QYB	线芯窄边0.8～5.6、线芯宽边2～18
	缩醛式	QQB	线芯窄边0.8～5.6、线芯宽边2～18
	聚酯亚胺式	QZYB	线芯窄边0.8～5.6、线芯宽边2～18
	单玻璃丝包聚酯亚胺式	QZYSBFB	线芯直径0.06～2.5
漆包扁铝线	聚酯式	QZLB	线芯窄边0.8～5.6、线芯宽边2～18
	缩醛式	QQLB	线芯窄边0.8～5.6、线芯宽边2～18

（2）绕包线

绕包线是一种在表面绕包绝缘材料的金属导线，常用的绝缘材料有绝缘纸、树脂薄膜、玻璃丝等。将这些材料绕包于导线的表面，再经胶粘浸漆处理，形成组合性绝缘体。因此，绕包线绝缘性能和机械性能良好，具有较好的承受过电压、过电流的能力。

绕包线按导体的质量可分为钢质和铝质两种；按导体的形状可分为圆形和扁形两种。由于铜与铝的电导率不同，在维修时，一定要按电动机原来所使用的材质进行选择。

2. 电动机引出线

电动机引出线为铜质绝缘线，选用时应注意以下两个方面：一是电气性能（如绝缘等级、所能承受的电压、电流）必须与之相适应；二是引出线的截面积（导体）必须满足需要。三相异步电动机引出线截面积的选择如表3-2。

表 3-2　三相异步电动机引出线截面积的选择

引出线截面积/mm^2	适应电流/A	引出线截面积/mm^2	适应电流/A	引出线截面积/mm^2	适应电流/A
1	6 以下	1.5	6～10	2.5	11～20
4	21～30	6	31～45	10	46～60
16	61～90	25	91～120	35	121～150
50	151～190	70	191～240	95	241～290

3. 电刷

电刷是有刷电流的引入、引出器件，其外形如图 3-18 所示。常用电刷有石墨电刷、电化石墨电刷和金属石墨电刷三种，其型号、性能及适用范围如下。

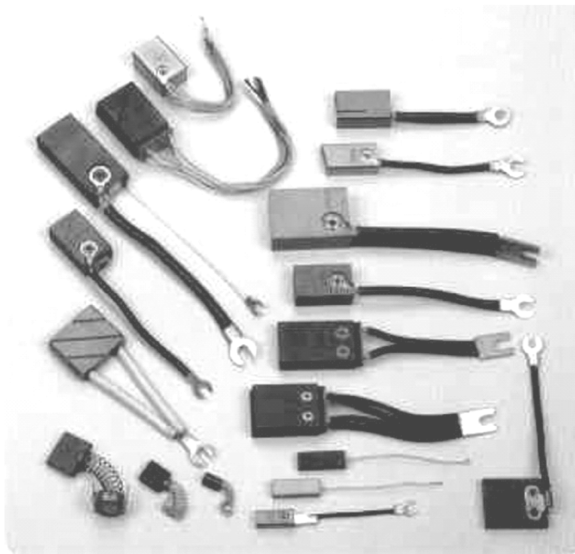


图 3-18　电刷

（1）石墨电刷

常用的石墨电刷有 S-3 型、S-4 型、S-6 型三种型号。其中，S-3 型石墨电刷硬度较低，润滑性能好，适应于电压为 80～120V 的直流电动机使用。S-4 型石墨电刷是一种高阻石墨电刷，硬度和摩擦系数较低。适用于换向器式调速异步电动机和高速小型直流电动机使用。S-6 型石墨电刷以软石墨为基体，多孔、硬度低，适用于电压为 80～230V 的直流电动机使用。

（2）电化石墨电刷



电化石墨电刷的应用较广，不同型号的电化石墨电刷的性能及适应范围如下：

D104 型电化石墨电刷硬度低，润滑性、换向性能良好。适用于 200kW 以下的直流电动机使用。

D202 型电化石墨电刷机械强度较高，润滑性能好，耐冲击振动，适用于电动机车用牵引电动机使用。

D214、D215 型电化石墨电刷的硬度和机械强度高，润滑、换向性能好。适用于电压在 200V 以上、带有冲击性负荷的直流电动机使用。

D308、D309 型电化石墨电刷质地硬，电阻率较高，换向性能好。适用于换向困难的电流牵引电动机和角速度较高的小型直流电动机使用。

（3）金属石墨电刷

常用的金属石墨电刷有 J203、J206 两种型号。其特性及适用范围如下：

J203 型金属石墨电刷含铜量低，电阻率较大，允许电流密度较小。适用于小型牵引电动机、绕线转子异步电动机的集电环使用。

J206 型金属石墨电刷含铜量较高，允许电流密度较大。适用于电压为 25 ~ 80V 的小型直流电动机使用。

电动机电刷的种类很多，一般是不能通用的。

【问答3】 维修电动机应配备的绝缘材料有哪些？

电动机的绝缘材料主要起隔电作用、机械支撑作用和保护作用。因此，要求绝缘材料不但应具有良好的介电、耐热、防潮、防腐、防雷电性能，还应具有较高的机械强度。电动机的绝缘材料主要有绝缘漆布、绝缘套管、绝缘粘带、绝缘低压板、绝缘复合材料、绝缘薄膜等。在维修电动机时，只有正确选用绝缘材料，才能确保电动机的安全运行，延长电动机的使用寿命。

1. 绝缘漆布

绝缘漆布主要由棉纱布、玻璃丝皮浸漆而成，常用于电动机绕组的对地绝缘、槽绝缘和衬垫绝缘。绝缘漆布的型号有多种，常用的绝缘漆布名称、型号、性能、用途如表 3-3 所示。

2. 绝缘套管

绝缘套管一般用棉纱、涤纶、玻璃丝制成管形，再经浸漆处理而成。用作电动机线圈引出线和连接线的绝缘。常用绝缘套管的品名、性能和用途如表 3-4 所示。

表 3-3　绝缘漆布名称、型号、性能和用途

产品名称	型号	性能		特　性	用　途
		耐热等级	极限温度/℃		
油性漆布	2010	A	105	柔性好，便于使用	适用于一般电动机绕组绝缘
油性漆布	2012	A	105	柔性、耐油性好	适用于一般电动机绕组、衬垫绝缘
沥青漆布	2110	A	105	介电性能较好	适用于一般电动机绕组、衬垫绝缘
油性漆绸	2210	A	105	柔性及介电性能好	适用于电动机绕组及薄层衬垫绝缘
油性漆绸	2212	A	105	耐油性能较好	适用于工作于矿物油环境电动机绕组及薄层衬垫绝缘
沥青醇酸玻璃漆布	2430	B	120	耐潮性能好，耐汽油	适用于一般电动机绕组和衬垫绝缘
醇酸玻璃漆布	2432	B	120	耐油性和防腐性较好	适用于较高温度下工作电动机绕组和衬垫的绝缘
环氧玻璃漆布	2433	B	120	固化好，耐酸性能较高	适用于防腐电动机的槽绝缘、衬垫绝缘和绕组绝缘
聚酰亚胺玻璃漆布	2560	C	220	耐热、耐潮、耐腐蚀、耐辐射性能好	适用于在较高温度下工作电动机的槽绝缘和端部衬垫绝缘
有机硅下班漆布	2450	H	155	耐热、耐寒、耐油、耐腐蚀性能好	适用于 H 级电动机绕组包扎绝缘
硅橡胶玻璃漆布	2550	H	180	耐热、耐寒、柔软性好	适用于 H 级电动机绕组包扎绝缘
有机硅防电晕玻璃漆布	2650	H	180	具有稳定的低电阻率	适用于高压定子绕组槽口处防电晕材料

表 3-4　常用绝缘套管品名、性能和用途

产品名称	型号	性能		特　性	用　途
		耐热等级	极限温度		
油性棉套管	2710	A	105	弹性好，使用方便	适用于一般电动机引出线和连接线的绝缘
醇酸玻璃套管	2730	B		耐腐蚀、弹性好、电性能良好	
聚氯烯玻璃套管	2731	B		耐热、耐潮、弹性好	
油性玻璃套管	2724	E		耐热、耐油，电性能好，但弹性较差	
有机玻璃套管	2750	H		耐热、耐潮、电气性能好	适用于 H 级电动机引出线和连接线的绝缘
硅橡胶玻璃套管	2751	H		耐热、耐寒，并有较好电气性能和机械性能	适用于在 −60 ~ +180℃温度下工作的电动机引出线的绝缘



3. 绝缘粘带

绝缘粘带是一种在常温下通过一定的压力能粘结成型的带状材料。主要用于电动机绕组包扎、固定。根据制作底材的不同，绝缘粘带有多种类型，常用绝缘粘带的名称、性能和用途如表 3-5 所示。

表 3-5　常用绝缘粘带的品名、性能和用途

产品名称	性能		特　　性	用　　途
	耐热等级	厚度/mm		
聚酯薄膜粘带	E-B	0.06～0.17	电性能好、使用方便，但耐热性能较差	适用于电动机绕组绝缘、对地绝缘和密封绝缘
环氧玻璃粘带	B	0.15～0.17	电性能好，使用方便	适用于电动机绕组包扎绝缘
聚酰亚胺薄膜粘带	H	0.05～0.06	电性能好，并有良好的耐热性能	适用于 H 级电动机的槽绝缘、绕组绝缘及复合绝缘制品
有机硅玻璃粘带	H	0.15	电性能好，且耐热、耐寒、耐潮	
硅橡胶玻璃粘带	H		电性能好，且耐热、耐寒、耐潮	
硅橡胶三角粘带	H		耐热、耐潮、耐腐蚀，自粘性能好	适用于特种电动机对地绝缘

4. 绝缘低压板

绝缘低压板是一种以有机纤维为底材，使用胶粘剂，热压而成的层状绝缘材料，主要用于绝缘结构件。常用绝缘低压板的名称、性能和用途如表 3-6 所示。

表 3-6　常用绝缘低压板名称、性能和用途

产 品 名 称	型号	性　　能	用　　途
酚醛纸板	3020	耐油性能、电气性能好	适用于电气性能较高的电动机作绝缘结构
	3021	耐油性能好，机械强度高	
	3022	耐潮性能好，机械强度高	适用于潮湿条件下工作的电动机作绝缘结构
	3023	介质损耗低	
酚醛布板	3025	耐油性能好，力学性能高	适用于油脂较重环境工作电动机作绝缘结构
	3027	电气性能和耐油性能良好	
酚醛玻璃布板	3230	电气性能好，且耐潮湿、耐热	适用于湿、热环境工作电动机作绝缘结构
苯胺酚醛玻璃布板	3231	耐潮湿，电气性能和力学性能均较好	适用工作潮湿环境工作电动机作绝缘结构
环氧酚醛玻璃布板	3240	耐热、耐潮，电气性能和力学性能均较好	

5. 绝缘复合材料

绝缘复合材料由纤维材料与薄膜纸（或薄膜布）粘合而成，主要用于小型电动机绕组的槽绝缘和层间绝缘。常用绝缘复合材料的名称、性能和用途如表3-7所示。

表3-7　常用绝缘复合材料名称、性能和用途

产品名称	型　号	耐热等级	特　　性	用　　途
聚酯薄膜聚酯纤维纸复合箔	DMD	B	电性能好,且有一定的机械强度	适用于B级电动机绕组的槽绝缘、层间绝缘及衬垫绝缘
聚酯薄膜、玻璃漆布复合箔	6530	B	电性能好,机械强度高	适用于低压电动机绕组的槽绝缘、层间绝缘
聚酯薄膜、绝缘纸复合箔	6520	E	电性能好,耐热性好	
聚酯薄膜、聚酰胺纤维纸复合箔	NMN641	F	电性能好,耐热,抗拉性好	适用于F级电动机绕组的槽绝缘、层间绝缘及衬垫绝缘
聚酯亚胺薄膜、聚酰胺纤维纸复合箔	NMN651	H	电性能好,耐抗拉性能好	适用于H级电动机绕组的槽绝缘、层间绝缘及衬垫绝缘

6. 绝缘薄膜

绝缘薄膜（又称电工薄膜）是一种用树脂合成的薄膜，主要用作电动机线圈的绝缘。常用绝缘薄膜的名称、性能及用途如表3-8所示。

表3-8　常用绝缘薄膜名称、性能及用途

产品名称	型号	性能		特　　性	用　　途
		耐热等级	极限温度/℃		
聚酯薄膜	6020	B	130	耐溶剂、耐碱性好,抗张强度、绝缘电阻较高	适用于低压电动机的槽绝缘、绕组绝缘和对地绝缘
聚苯酯薄膜		F	120	耐有机溶剂、弹性好、伸张率小,但高温易水解	适用于F级电动机的绕组绝缘、槽绝缘及复合绝缘制品
聚酰亚胺薄膜	6050	>H	180	耐寒、耐辐射	适用于H级电动机的绕组绝缘、槽绝缘,制作复合绝缘制品
聚四氟乙烯薄膜	SFM	>H	260	耐热、耐寒,电解性能和化学性能稳定	适用于工作于温度为-60～+260℃条件下电动机的绕组绝缘,也可作绕组烘干时的脱模材料

【问答4】 维修电动机应配备的绝缘漆有哪些？

维修电动机应配备的绝缘漆可分为浸渍漆和覆盖漆两大类。

1. 浸渍漆

浸渍漆主要用电动机定子绕组、转子绕组的沉浸和滴浸。浸渍漆的品种很多，使用时，应根据电动机的绝缘等级及耐热、耐寒、耐潮、耐油、耐腐蚀等要求，进行选用。常用浸渍漆的名称、型号、特性及用途如表3-9所示。

表3-9 常用浸渍漆名称、型号、特性及用途

<table>
<tr><th>产品名称</th><th>型号</th><th>耐热等级</th><th>特性</th><th>用途</th></tr>
<tr><td rowspan="4">沥青漆</td><td>1010</td><td>A</td><td>耐温、耐潮，但不耐油</td><td rowspan="4">适用于维持物绝缘的绕组的介电绝缘充填</td></tr>
<tr><td>1011</td><td>A</td><td>耐潮、抗老化性能好</td></tr>
<tr><td>1012</td><td>A</td><td>耐热、耐潮性能好</td></tr>
<tr><td>1210</td><td>A</td><td>耐油性能良好</td></tr>
<tr><td>水乳漆</td><td>1013</td><td>B</td><td>耐湿性能好、干燥快</td><td>适用于纤维物绝缘的绕组的介电绝缘充填</td></tr>
<tr><td>醇酸清漆</td><td>1030</td><td>B</td><td>耐油、耐弧性能良好</td><td>适用于一般电动机绕组浸渍</td></tr>
<tr><td>环氧无溶剂漆（抗干型）</td><td>1034</td><td>B</td><td>固化快、挥发少，但耐霉性差</td><td>适用于一般电动机绕组滴浸</td></tr>
<tr><td>环氧无溶剂漆</td><td>594</td><td>B</td><td>固化快、储存稳定性好</td><td>适用于高压电动机整体浸渍</td></tr>
<tr><td rowspan="2">无溶剂漆</td><td>515-1</td><td>B</td><td>介电性能好、机械强度高，耐潮</td><td rowspan="4">适用于一般电动机绕组浸渍</td></tr>
<tr><td>515-2</td><td>B</td><td>固化快，机械度高</td></tr>
<tr><td>三聚氰胺醇酸漆</td><td>1032</td><td>E</td><td>耐油，且固化快</td></tr>
<tr><td>环氧酯漆</td><td>1033</td><td>E</td><td>耐潮、固化快、粘结力强</td></tr>
<tr><td>聚酯漆</td><td>155</td><td>F</td><td>耐热、粘力好</td><td rowspan="5">适用中、小型电动机绕组浸渍</td></tr>
<tr><td>聚酯无溶剂漆</td><td>319-2</td><td>F</td><td>电气性能好，黏度低</td></tr>
<tr><td>酚醛环氧硼胺无溶剂漆</td><td>9105</td><td>F</td><td>黏度低，电阻高</td></tr>
<tr><td>环氧无溶剂漆</td><td>EIV</td><td>F</td><td>黏度低，击穿强度高</td></tr>
<tr><td>环氧无溶剂漆</td><td>EIU</td><td>F</td><td>黏度低，击穿强度高</td></tr>
<tr><td rowspan="4">有机硅漆</td><td>1050</td><td>H</td><td>耐热、耐油、防霉性能好</td><td rowspan="2">适用于高温、潮湿环境中工作电动机绕组浸渍</td></tr>
<tr><td>1052</td><td>H</td><td>耐热、耐油、干燥快</td></tr>
<tr><td>1053</td><td>H</td><td>耐热、耐油、干燥温度较高</td><td rowspan="2">适用于高湿度环境中工作电动机绕组浸渍</td></tr>
<tr><td>9111</td><td>H</td><td>干燥快，耐热较差</td></tr>
<tr><td>聚酰胺酰亚胺漆</td><td>PAI-2</td><td>H</td><td>耐热、耐辐射性能好</td><td>适用于高温环境中工作电动机绕组浸渍</td></tr>
</table>

2. 覆盖漆

覆盖漆是指电动机绕组及零部件在经浸渍处理后，用作表面修饰的漆。常用覆盖漆的名称、性能及用途如表3-10所示。

表3-10 常用覆盖漆名称、性能及用途

产品名称	型号	耐热等级	特性	用途
黑色绝缘漆	1211	A	耐潮性能好，漆膜光滑，但耐油性能较差	适用于一般电动机绕组表面修饰
环氧酯磁漆（红、灰）	H13-7	B	耐潮、耐腐蚀、耐油性能好，漆膜硬度高，光滑	适用于湿热带地区电动机绕组表面修饰
	8363	B		
环氧酯磁漆（红、灰）	162	B	介电性能好，漆膜光滑，漆膜强度高，色泽鲜艳	适用于外观要求较高电动机（如出口电动机）绕组表面修饰
	H31-4	B		
醇酸磁漆（红、灰）	C31-1	F	干燥快、漆膜弹性好、耐潮、耐热、漆膜光滑	适用于电动机绕组表面修饰
	C32-9	F		
有机硅磁漆（红色）	167	F	电气性能好，并有较高的耐热性能，漆膜光滑	适用于H级电动机绕组和绝缘零部件表面修饰
	W32-3	H		

【问答5】 什么是磁性槽楔？

磁性槽楔是一种电动机上使用的槽楔，在两层绝缘材料之间有一层导磁材料层。绝缘材料层为塑料纤维材料；导磁材料层为粒度为100目的铁粉、苯酐、石英砂、树脂混合模压而成；其中，铁粉是主要材料。

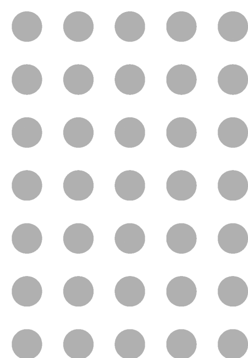
磁性槽楔的作用如下：

1）节能。电动机采用磁性槽楔可以励磁电流，改善功率因数，使效率提高1%～2%。

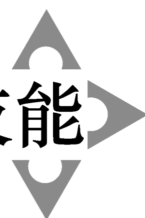
2）降低起动转矩。由于磁性槽楔是导磁体，因此使电动机的漏磁增强，从而可以降低起动转矩。

3）安装方便。磁性槽楔适合于所有开口电动机上使用，安装方法与竹制、环氧布板槽楔相同。修理时，可采取一次性整体退槽或破坏性退槽，残留物在槽内容易清理，便于维修。

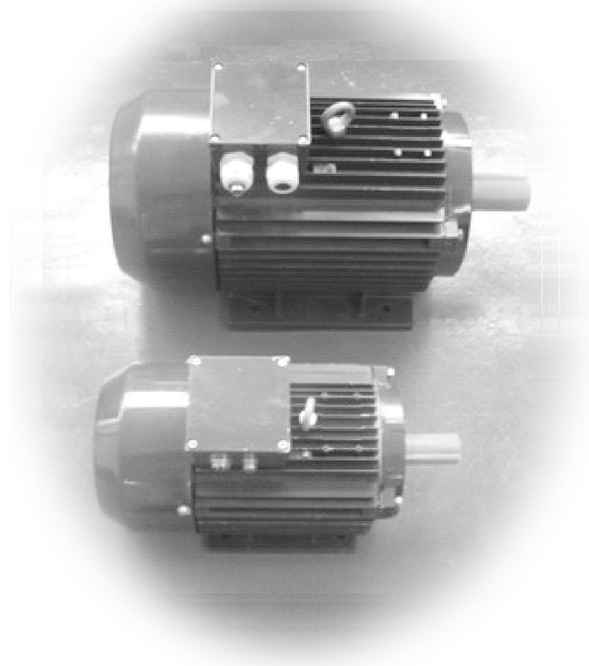
4）可延长电动机的使用寿命。采用磁性槽楔可降低电动机铁心损耗，降低电动机温升，减少电磁噪声和振动，从而可以延长电动机的使用寿命。

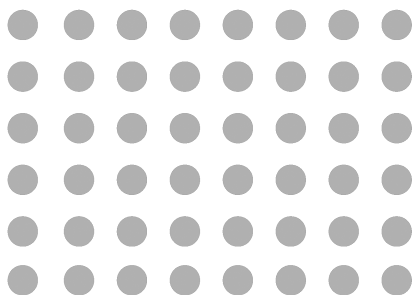


第4篇



看图学电动机检修技能







【问答 1】电动机故障的一般判断方法有哪些？

对于运行中的电动机，可通过观察法、诊听法、触摸法判断故障原因及部位。

1. 观察法

观察法就是观察电动机运行过程中的异常变化，常见的现象及故障原因有

1）电动机运行时转速变慢，可能是电动机严重过载或断相运行。

2）电动机运行时突然停转，可能是熔丝熔断或某部件被卡住。

3）电动机剧烈振动，可能是传动装置被卡住或底脚螺栓松动。

4）电动机冒烟，可能是定子绕组短路。

5）电动机不转，且机内连接处有烧痕、变色现象，可能是绕组烧毁或导体连接处接触不良。

2. 诊听法

电动机正常运行时应发出均匀且较轻的电磁声，不正常的噪声有电磁噪声、机械噪声和轴承噪声三种。

（1）电磁噪声

电磁噪声表现为忽高忽低的沉重声，其故障原因及部位有

1）定子与转子气隙不均匀，轴承磨损使定子与转子不同心。

2）三相绕组存在误接地、短路或接触不良，造成三相电流不平衡。

3）电动机断相或过载运行。

4）电动机铁心固定螺栓松动或铁心硅钢片转动。

（2）机械噪声

机械噪声具有连续性特点，多发生在电动机的传动部分。

1）联轴器或皮传动轮与轴间松动。

2）传动带撕破或接头不平滑。

3）风叶变形、松动与风扇罩发生碰撞。

（3）轴承噪声

轴承噪声分为“吱吱”声、“唧唧”声、“喀喀”声三种。可在电动机运行时，用螺钉旋具的金属部分顶住轴承安装位置，贴近用耳朵进行监听，就可以判断出来。轴承运行噪声的故障原因有：

1）轴承内滚珠磨损。

2）轴承缺油或其内的润滑脂干涸。

3. 触摸法

触摸法就是在电动机运行一段时间后，用手背触及电动机外壳、轴承周围来

判断电动机是否存在故障的一种方法。一般电动机运行时极限温度不得超过75℃。若温度异常，则说明电动机有故障。其故障原因有以下几种：

1）风道堵塞或风扇脱落，造成通风不良。

2）定子绕组匝间短路或三相电流不平衡。

3）电动机过载运行。

4）电动机频繁起动或制动。

5）若只是轴承部位过热，则可能是轴承损坏或缺油。

4. 替换法

替换法就是当怀疑某一元件损坏时，采用同型号元件替换，看故障能否消除来判断故障点的一种方法。替换法简单易行，能迅速排除故障。但仅适用于易损元器件或价值不是很高的元器件的检修。

【问答2】怎样对电动机断相运行进行鉴别和检修？

电动机断相运行又称缺相运行，它会使电动机内部的另一相绕组或另两相绕组电流大大增加，如图4-1所示。当电动机在运行时，若转速突然降低，转不动，出现沉闷声，机身产生振动，绕组严重过热，则可能是电动机断相运行，应立即停机检查。

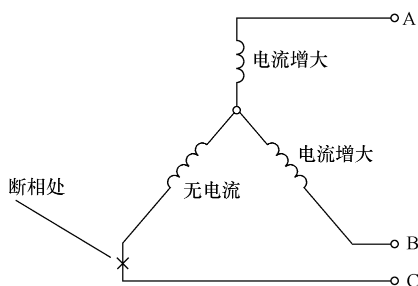


图4-1 电动机断相运行的电流变化

避免电动机断相运行应检查的部件主要有

1）检查电源导线是否有一相断路；

2）检查熔丝或熔断片是否熔断一相；

3）检查电气接头是否熔断一相；

4）检查开关是否有一相接触不良；

5）检查电动机接线柱是否有一相氧化烧断；

6）检查电动机本身绕组是否存在断路或短路。

【问答3】电动机受潮后怎样检修？

电动机严重受潮后，其内部导线均处于导通状态，不可通电起动，应按以下



方法进行检查和修理。

1. 拆机检查

1）检查绕组是否有脱焊现象；如有，应焊好。

2）检查电刷、电刷架是否正常；如锈蚀或卡死，应更换新件。

3）检查电刷与集电环是否贴紧；若压力不够，应更换新电刷。

2. 烘干处理

对电动机的烘干处理应根据天气及是否急用来决定，如果气温较高，水分容易蒸发，又不急用，一般采用自然风干，即将电动机放到通风、干燥处让其自然干燥，既安全又省电。对于严重受潮，又急需使用的电动机，可采用灯泡干燥法，如图 4-2 所示。

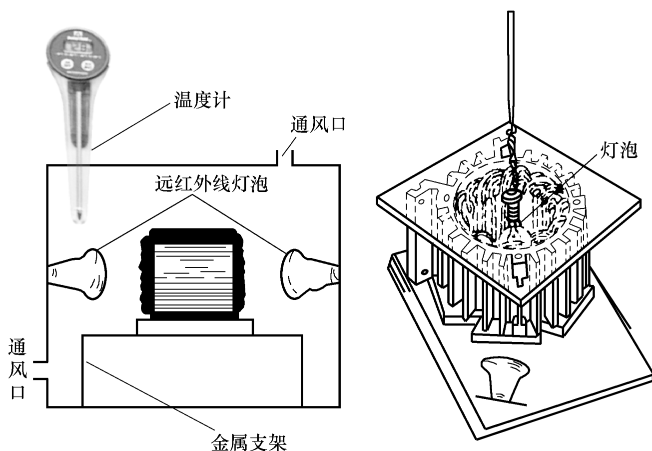


图 4-2　灯泡干燥法示意图

（1）烘箱干燥法

将电动机放到烘箱内，根据电动机的大小选用两只 300 ~ 500W 的灯泡，通电后，将灯泡直接照射到电动绕组上，对电动机绕组进行加热，使潮气蒸发从通风口流散出去，达到将绕组完全干燥的目的。烘干箱要装一个温度计，监视箱内温度不超过 90℃，温度的高低可通过增减灯泡的功率来进行调节。

（2）吊灯烘干法

吊灯烘干法是将电动机立放于木板上，将灯泡直接悬吊于电动机定子中（注意，不得紧贴绕组）。通电，使灯泡发出的热量对绕组进行干燥。由于灯泡直接放在铁心里，离绕组较近，所以使用灯泡的功率不能过大（温度不得超过 90℃）。

【问答4】电动机大修时怎样嵌线？

电动机的嵌线方法如图4-3所示。先从绕线模上将已绕制好线圈退下，然后再按以下方法嵌线。

嵌第一节距的绕组元件时，以机座出线孔为准，确定第一槽后，逐渐嵌入下层边，将上层边用纱带扎好，以方便继续下线。第一节距的下层绕组元件嵌完后，可顺次嵌入其他绕组元件，将上层边嵌入相应的槽内，做好槽绝缘，垫好端部绝缘，打入槽楔，对端部进行整形，将绕组端部伸出的喇叭口状绝缘纸压到一定尺寸，并剪去突出的绝缘纸。

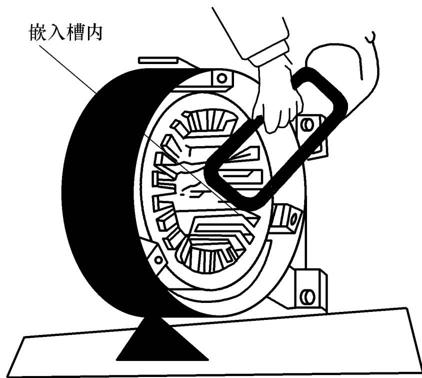


图4-3 电动机的嵌线方法

整理、焊接各极相间的接头及引出线，并做好绝缘，将端部用孔线扎牢。

用万用表检查三相直流电阻是否平衡，若正常，再进行浸漆、烘干。

嵌线操作时应注意以下事项：

1）嵌线操作时应小心，注意不要损伤槽口部绕组绝缘层。

2）操作过程中不要铁锤敲打绕组，以防止造成导线绝缘层被损坏。

3）对端部连接线应分别进行包扎，并做好绝缘处理。

【问答5】怎样查找电动机绕组接地点？

对于大修后的电动机或电动机的定子绕组发生接地故障，可按以下方法进行查找和修理。

1. 定子绕组接地的查找方法

（1）绕组是否接地的判断方法

打开接线盒盖，拆除绕组连接片，用绝缘电阻表测量各相绕组的对地电阻值，若某一相绕组的绝缘电阻为零，则可判断该相绕组接地。

（2）采用分组淘汰法检查接地点

当确定定子绕组某一相绕组存在接地故障后，再采用分组淘汰法查找接地点其方法是将电动机定子绕组烘烤加热，待绕组表面绝缘层软化后，把接地相从中



断开，好的一部分留下，接地部分再分成两半，依此类推，直至找出接地点。

分组淘汰检查法如图 4-4 所示。检查时采用校验灯，若灯亮，表示 D1 ~ D4 之间绕组存在接地。此时从中间断开，观察 A 点校验灯是否点亮；若亮，则表示 D1 ~ A 之间存在接地。再从这一半中间断开，观察 B 点灯是否亮，若亮，则表示 D1 ~ B 点之间存在接地。

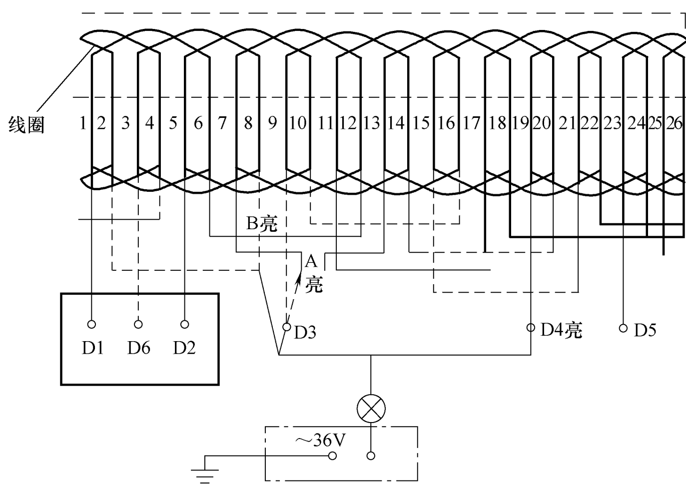


图 4-4　分组淘汰检查法示意图

2. 定子绕组接地的修理方法

当确定接地点后，可采用加垫绝缘的方法进行修理，如图 4-5 所示。先取出槽楔，在接地点处撬动绕组垫入绝缘纸。然后用绝缘电阻表测试该点的电阻值，若阻值在 0.5MΩ 以上，说明接地故障已排除，剪除槽外多余的绝缘纸，打入槽楔，接线复原后再灌入绝缘漆烘干即可。

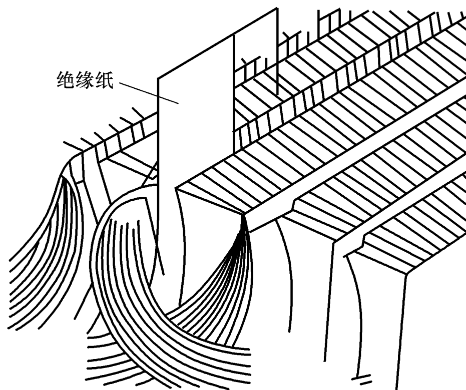


图 4-5　加垫绝缘的方法

【问答6】怎样测量电动机的绝缘电阻？

当电动机发生短路、接地故障或大修后的电动机，都应该采用绝缘电阻表对电动机的绝缘电阻进行测量。

1. 电动机绝缘电阻测量步骤

1）断开电源。

2）将电动机接线盒内6个端头的连接片拆开。

3）如果是三相交流电动机打开中心点；如果是直流电动机，提起电刷。

4）把绝缘电阻表放平，先不接线，摇动绝缘电阻表，表针应指向“无穷大”处，再将表上有“l”（线路和“e”接地）的两接线柱用带线的试夹短接，慢慢摇动手柄，表针应指向“0”处。

5）用绝缘电阻表分别检测电动机绕组的相间和对地绝缘电阻。

6）对地放电。

7）恢复线路。

2. 电动机绝缘电阻的合格标准值

电动机绝缘电阻的标准值与电动机的类型和工作状态有关。测量时，一般用绝缘电阻表测量电动机每两相绕组和每相绕组与机壳之间的绝缘电阻值，以判断电动机绝缘性能的好坏。正常情况下，电动机在热状态（75℃）条件下，一般中小型低压电动机的绝缘电阻值应不小于0.5MΩ；高压电动机每千伏工作电压定子的绝缘电阻值应不小于1MΩ，每千伏工作电压绕线转子绕组的绝缘电阻值，最低不得小于1MΩ。否则为电动机绝缘电阻不合格。

【问答7】怎样快速判断电动机控制电路是否存在故障？

电动机控制电路是通过电路中元件的动作控制电动机正转或反转，来带动作业机械工作的。因此，在检修完成后，应对控制电路的接线进行仔细检查，确认无误后才能通电试机。

对电动机控制电路的检查，通常是对照原理图，从电源端逐段核对端子接线，以排除错接、漏接。这种方法不但很麻烦，而且对于较复杂的电路，还容易出错。下面介绍一种采用万用表测量电路的电阻的方法，以判断所接电路是否正确以及电气元件的是否正常。

如图4-6所示是一种以交流接触器连锁控制的电动机正反转控制电路。其控



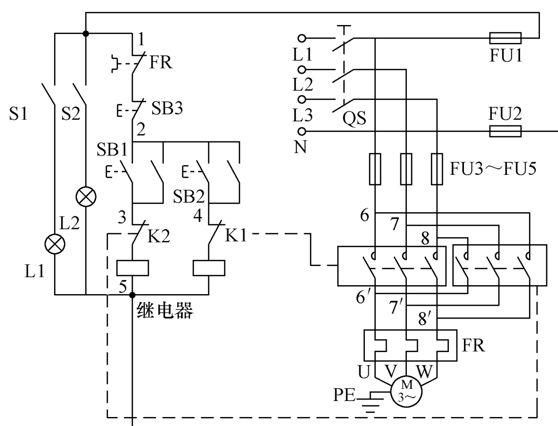


图 4-6　交流接触器连锁控制的电动机正反转控制电路

制原理及电路连接是否正确、控制元件动作是否良好的快速判断方法如下。

1. 控制电路工作原理

1）合上电源开关 QS，按下 SB1 按钮，交流接触器 K1 线圈得电，K1 常闭触点断开对 K2 互锁；K1 主触点闭合（电动机正转）；K1 常开触点闭合（自锁，L1 亮）。

2）按下 SB3 按钮，交流接触器 K1 线圈失电，主触点断开，电动机失电，各个辅助触点复位。

按下 SB2 按钮，交流接触器 K2 线圈得电，K2 常闭触点断开对 K1 互锁；K2 主触点闭合（电动机反转）；K2 常开触点闭合（自锁，L2 亮）。

3）按下 SB3 按钮、系统断电停机。

2. 控制电路检查

在理解控制电路工作原理的基础上，用万用表测量电路的电阻，即可判断所接电路是否正确以及控制电路中各电气元件动作是否正常。

（1）主电路的检查

将万用表拨至 R×10 或 R×100 档，两表笔分别接在图中 6 与 U、7 与 V、8 与 W 两点之间，正常情况下用万用表指针应分别指在“无穷大”位置。然后，测量点不变，手动交流接触器 K1、K2，观察万用表指针的偏转情况，若从无穷大位置向右偏转，则判断交流接触器动作良好且主电路交流接触器主触点及热继电器热元件接线正确且动作良好。

（2）控制电路的检查

1）接线及按钮动作的检查。将万用表拨至 R×10 或 R×100 档，两表笔分

别接在图中 1、5 两点，观察指针的摆动情况。若指针指向“无穷大”位置，按下按钮 SB1，指针向右偏转，而松开按钮 SB1，指针又回到“无穷大”位置，则判断按钮 SB1 接线正确且动作良好。

当万用表指针在“无穷大”位置时，再按下按钮 SB2，若万用表指针向右偏转，松开按钮 SB2 时，万用表指针双回到“无穷大”位置，则判断按钮 SB2 接线正确且动作良好。

当万用表指针在“无穷大”位置时，再按下按钮 SB1 或 SB2，若万用表指针向右偏转，万用表指示的电阻值为交流接触器线圈的直流电阻。然后在不松开 SB1（或 SB2）的情况下，按下 SB3，若万用表指针从右偏向“无穷大”位置，则判断按钮 SB3 接线正确且能可靠断开控制电路。

2）自锁环节的检查。将万用表拨至 R×10 或 R×100 档，两表笔分别接在图中 2、5 两点，观察万用表指针的指示情况。若指针指向“无穷大”位置，再手动交流接触器，观察指针是否向右偏转，若向右偏转，则判断自锁辅助动合触点 K1 接线正确且动作良好。

松开交流接触器 K1，使万用表指针回到“无穷大”位置，再手动交流接触器 K2，若万用表指针向右偏转，则判断自锁辅助动合触点 K2 接线正确且动作正常。

（3）互锁环节的检查

互锁环节的检查，主要检测动断互锁辅助触点 K1 和 K2 的电阻值是否正常，方法如下：

1）检查动断互锁辅助触点 K1。将万用表拨至 R×10 或 R×100 档，两表笔分别接在图中 4、5 两点，观察万用表指针的指示情况。若万用表由“无穷大”位置向右偏转，其指示值为交流接触器 K2 线圈的直流电阻。若万用表指针又偏向“无穷大”位置，则判断互锁辅助触点 K1 接线正确且动作良好。

2）检查动断互锁辅助触点 K2。将万用表置 R×10 或 R×100 档，将两表笔分别接在图中 3、5 两点，观察万用表指针的指示情况，若万用表指针由“无穷大”位置向右偏转，其指示值为交流接触器 K1 线圈的直流电阻，再手动交流接触器 K2，若万用表又偏向“无穷大”位置，则判断动断触点 K2 接线正确且动作良好。

【问答 8】怎样快速判别三相异步电动机同名端？

三相异步电动机定子的三相绕组共有 6 个引线端，即 3 个始端和 3 个末端，通常将 3 个始端标示为 U1、V1、W1；3 个末端标示为 U2、V2、W2。无论采用



星形联结，还是采用三角形联结，都必须明确三相绕组的同名端，才能实现正确连接。

判别三相异步电动机定子绕组同名端的方法很多，最常用的方法有交流法和干电池法两种。但无论是采用交流法或干电池法来判别三相绕组的同名端，都需要进行两次操作才能完成，给维修带来了麻烦。

快速判别三相绕组的方法，简称“一步法”，即将交流法和干电池法合并运用，一步就可以将同名端判别出来。

“一步法”的测试接线方式如图 4-7 所示。用干电池代替 36V 电源，采用交流法的接线方式，测试时，合上开关 S，表针应正偏，若出现反偏或不动，则调换表针。当表针正偏时，则线端 2、6 为异极端（依据交流法原理），线端 4、5 为同极性（依据干电池原理），即 6 个线端的 4、5、6 为同名端（始端），1、2、3 为同名端（末端）。此法简便易行。

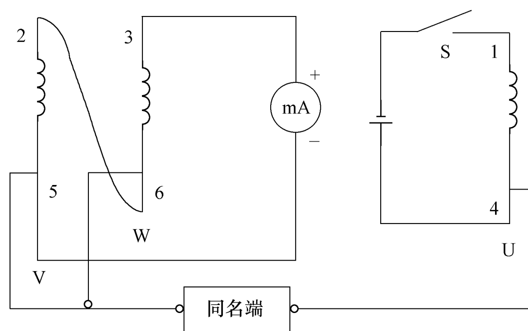


图 4-7 “一步法”的测试接线方式

【问答 9】怎样检修电动机定子绕组短路故障？

电动机定子绕组发生短路故障时，会导致各相串联匝数不相等，磁场分布不均匀。轻者会使电动机振动、发出噪声、发热，严重时会造成整个绕组烧毁。

1. 电动机定子绕组短路一般有匝间短路、绕组之间短路和整个极相组短路。可按以下方法进行检查。

1）观察检查。拆开机壳，观察电动机绕组有无烧焦、局部变色现象。烧焦点，则为短路点。

2）感温检查。将电动机空载运行 10～20min，然后关断电源，拆开两边端盖，用手触摸绕组的端部，如果某一部分绕组比邻近绕组的温度高，则这部分绕

组存在短路。

3）电流平衡法检查。对于并联绕组，可采用电流平衡法进行检查。用一台36V行变压器作为电源变压器，每相串接一只电流表。接通电源记下各电流表的读数，并进行比较，若某一相电流过大，则说明该相存在短路故障。

2. 绕组短路故障的修理方法

绕组短路故障可分为轻微短路或严重短路两种。严重短路时，只有更换绕组，而轻微短路且导线的绝缘层未烧坏的，可根据短路的部位进行局部修理。局部修理的方法如下：

（1）匝间短路的修理

匝间短路一般是导线绝缘层破裂引起的。修理时，先将短路的几匝导线在端部剪开，再将绕组加热使绝缘层软化，用钳子将已损坏的导线抽出，然后将绕组接通，并对接点进行绝缘处理。

（2）绕组之间短路修理

绕组之间短路故障大多发生在端部，一般是导线绝缘损伤所致。修理时，先确定已损伤绝缘层的导线，再滴上几滴绝缘漆或用绝缘青壳纸垫好。

（3）整个极相组短路的修理

极相组短路故障大多发生在同心式绕组，一般是由于极相组的连接线上的黄蜡管破损所致。修理时，先将绕组绝缘层加热软化，再用划线板撬开引线处，将黄蜡管重新套好或用绝缘纸垫好即可。

【问答10】怎样检修电动机定子绕组断路故障？

电动机定子绕组断路故障有绕组导线断路，单相断路，并绕导线中有一根或几根断路，并联支路断路，绕组端部、接线头或引出线断路等。电动机绕组发生断路时，则电动机不能起动运转，其故障原因及检修方法如下：

1. 发生绕组断路故障原因

1）制造和修理时操作工艺差，或接线焊接不牢，造成接线在使用中过热松脱。

2）检修时，因拆卸、装配不规范，使绕组受到碰撞，将导线碰断。

3）电动机绕组的匝间短路或接地故障没有及时发现和排除，在长时间运行中导线过度发热而熔断。

4）在定子绕组的并绕导线中有一根或几根导线熔断，另几根导线由于电流增加，以致过热熔断。



2. 绕组断路的检查方法

当绕组发生断路故障时，可用万用表、绝缘电阻表和试验灯，采用通断法和三相电流平衡法及电阻法进行检测，判断出断路点。

（1）通断检测法

按照如图 4-8 所示，用绝缘电阻表或万用表、试验灯进行检查。

对于星形联结的电动机绕组，可按图 4-8a、b 所示方法进行测试。

对于三角形联结的电动机绕组，先把三相绕组的接头拆开，再按图 4-8c、d 所示进行测试。其中电流小的为断路相。

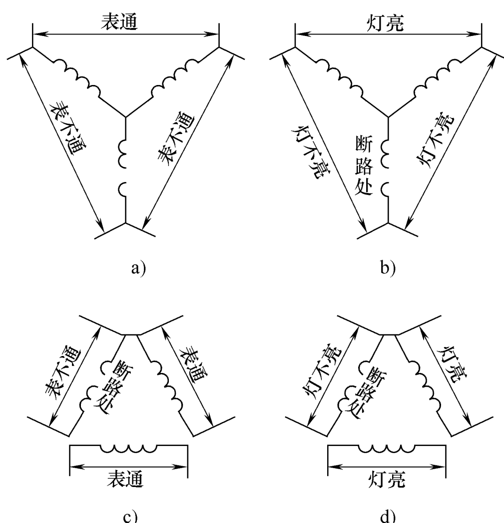


图 4-8 通断检测法

（2）三相电流平衡法

由于中型电动机的绕组一般采用多根导线或多支路并联方式，因此可用电流平衡法进行检测。

电流平衡检测的接线如图 4-9 所示。对于星形联结的绕组如图 4-9a 所示，将三相绕组并联后，通入低压电，如果三相中的某一相电流差值大于 5%，则该相为断路相。对于三角形联结的绕组如图 4-9b 所示，将接头拆开，然后逐相通入低压电，用电流表测量每相绕组的电流，其中电流小的一相为断路相。

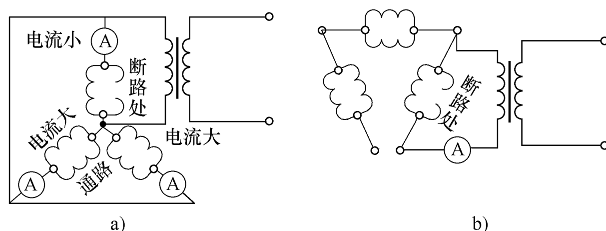


图 4-9 电流平衡检测的接线方法

（3）测试电阻法

用电桥或万用表测试三相绕组的电阻，若三相电阻值相差大于 5%，则电阻最大的一相为断路相。

3. 绕组断路故障的检修方法

绕组断路的检修应根据其故障部位，采用相应的方法进行修理。若断路故障发生在端部，只要把断线处的绕组适当加热软化，然后挑出断头将其焊好并做好绝缘即可。

若断路点在槽内，可采用溶剂使绕组绝缘层软化后，再抽出槽楔，用划线板将绕组的线匝一根一根地取出，找到断线后进行焊接，做好绝缘后再嵌放到槽内即可。如果是多根导线断裂，只有更换导线，并按同样匝数绕制嵌线。

【问答11】怎样检测电动机电气连接故障?

电动机电气连接故障是指电动机因电气连接不牢固、虚接以及接点氧化而引起的故障。在电动机故障中，此类故障占有很大的比例，下面介绍几种检测电气连接故障的方法：

1. 传统的检测方法

1）直观检查：即通过直接观察，判断连接点有无断裂、电弧灼伤的痕迹，接线头有无变色现象。

2）锤击检查：用小锤轻轻敲击连接点，观察故障有无变化。此法适应于似断非断的连接点的检查。

3）塞尺检查：用塞尺插入连接点，测量两个结合面的紧密程度，若有间隙则为接触不良。

4）紧固检查：对所有电气连接点的螺栓重新紧一遍，有松动则为接触不良。

2. 新式电气检查方法

1）用双臂电桥检查：用双臂电桥测量电动机直流电阻，与以往所检测记录数值进行比较，若差别很大则为接触不良。

2）用红外测试仪检查：用红外测试仪测试连接点的温度，若温度变化很大（发热严重），则判断该点有接触不良。

3）用电阻测试仪检查：用回路电阻测试仪测量电气接点的接触电阻。由于回路电阻测试仪使用220V交流电源，内部由测量数字电压表和可调恒流源两部分组成。它能针对具体接触点，通以100A的大电流，用数字表直接读出接触电阻值，可以清楚直观地反映出连接点是否接触不良。所以，电阻测试仪是目前检测电动机电气接点故障最准确、最直观的一种仪表。



【问答 12】怎样防止三相异步电动机单相运行？

三相异步电动机单相运行，又称两相运行，是指三相电动机在运行过程中，某一相电源线因故障断电，造成电动机两相运行的一种情况。三相电动机单相运行时，会使电动机温升过高，并发出沉闷的“嗡嗡”声，如不及时断电检修，将会烧毁电动机。

防止三相异步电动机单相运行的方法如下：

1. 断相保护电路保护法

断相保护电路保护法是在起动线路的接触器自保触点电路上串接一只 500V/1μF 的电容，如图 4-10 所示。当接触器线圈两端电压低于释放电压时，使接触器吸合后自保，交流接触器释放，电动机停止运转，从而达到断相保护的目的。

2. 双刀开关控制电路保护法

双刀开关控制电路由一只起动开关和一只运行开关组成，如图 4-11 所示。两只开关使用的熔丝规格不同，起动开关的熔丝按电动机额定电流 150% 计算选用，以适应起动时大电流的需要；运行开关的熔丝按电动机额定电流选用。使用时先合上起动开关，当电动机起动，进入正常运行后，再合上运行开关，同时拉开起动开关，因为起动开关与运行开关是串联接地，电动机仍能正常运行。当电动机因某种原因发生单相运行时，电流会增大，当大于电动机额定电流时，熔丝迅速熔断，切断电动机电源，使电动机停转，从而保护电动机不至于烧坏。

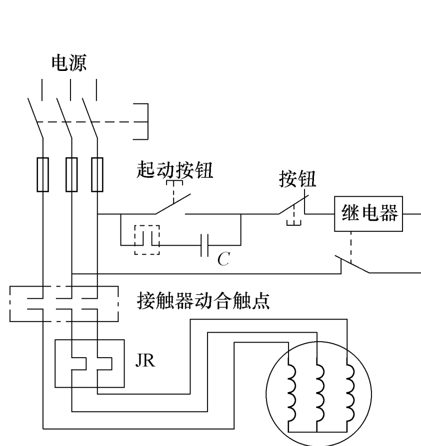


图 4-10　断相保护电路

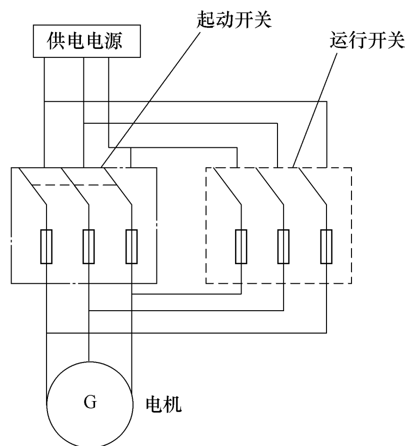


图 4-11　双刀开关控制电路

3. 双接触器自动控制电路保护法

双接触器自动控制电路保护法是目前大型电动机运用最多的一种保护方法。它由控制开关和两个交流接触器组成，具有自动断电，自动复位功能。

双接触器自动控制电路如图4-12所示。图中，S为控制开关，K1、K2为两个15A的交流接触器，A1、A2为两个接触器的线圈，a1、b1、c1和a2、b2、c2之间分别为两个接触器的常开触点。

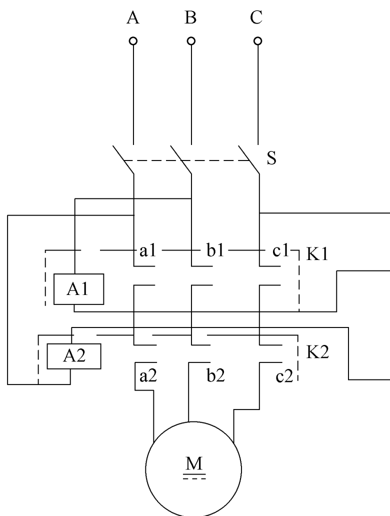


图4-12　双接触器自动控制电路

其控制原理是当合上开关S时，交流接触器K1、K2得电吸合，触点导通，三相电源通过K1、K2为电动机供电，使电动机正常运行。若因某种原因使A、B、C三相电源任一相断电，都会使接触器触点断电。假如B相断电，即会使K1的线圈A1失去电压，K1触点失电断开，切断了电动机的三相电源，电动机停转，从而起到保护作用。当电源恢复正常时，接触器K1、K2自动吸合，电动机得电运行。

【问答13】怎样将三相小功率电动机改作单相运行？

三相电动机的定子绕组由对称的三相绕组组成，而单相电动机的定子则由主绕组（工作绕组）和副绕组（起动绕组）组成，两者在结构上有着很大的区别。但在实际维修中，若单相电动机损坏，又找不到同型号的电动机更换，可选用功率比较合适的三相异步电动机采用移相法进行改制代换。方法如下：

1. 三相异步电动机改作单相运行的条件

（1）结构基本相同

所选用代换的三相异步电动机外形结构、体积与原单相电动机应基本相同，以便于安装。

（2）质量可靠

用作改制的三相电动机其质量、性能应良好。改制前，可用绝缘电阻表测量各绕组对外壳绝缘电阻，正常时，各相绕组对地电阻值均应为无穷大，否则不能使用。

2. 电容的选配

三相小功率异步电动机改作单相运行时，应选配合适的电容。常用小功率异步电动机采用三角形联结、星形联结方式应选配电容的容量如表 4-1。

表 4-1　三相小功率异步电动机改作单相运行时选配电容的容量（单位 μF）

电动机功率/W	25.0	40.0	60.5	90.0	120.0	180.0	250.0	370.0	550.0	750.0
三角形联结	2.50	4.0	6.5	9.0	12.5	18.0	75.0	8.0	55.0	75.0
星形联结	1.47	2.4	3.6	5.5	7.2	11.0	15.5	22.0	33.0	45.0

3. 连接方式

（1）按三角形联结方式

按三角形联结方式如图 4-13 所示。将电容接在绕组的 W2 和 U2 两端，将 220V 交流电源线接到 U1 和 W1 两端。通电运行，若电动机反转，可将 W1、U1 的电源线改接到 W1、V1，即可改变电动机旋转方向。

（2）按星形联结方式

按星形联结方式如图 4-14 所示。将电容接在绕组的 U1 和 V1 两端，将 220V 交流电源线接到 V1 和 W1 两端。通电试机，若电动机反转，可将 V1 的电源线改接到 U1，即可改变电动机的旋转方向。

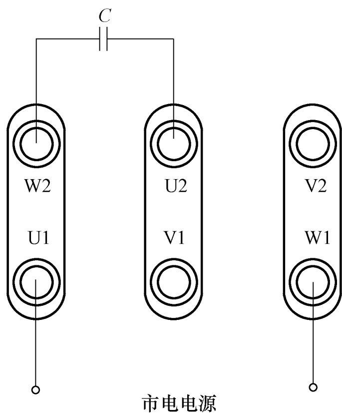


图 4-13　三角形联结方式

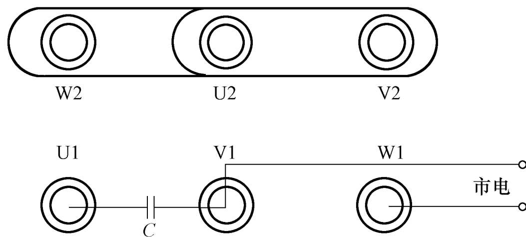


图 4-14　星形联结方式

【问答 14】电动机起动前应做哪些检查？

电动机起动前进行检查，是防止电动机发生故障，确保设备正常运行的一项

重要措施。需检查的内容如下：

1）新安装或长期停用的电动机，使用前应检查绕组间和绕组对地绝缘电阻。通常对500V以下的电动机用500V的绝缘电阻表；对500～1000V的电动机用1000V的绝缘电阻表；对1000V以上的电动机用2500V的绝缘电阻表。检查时应在冷机状态进行，其绝缘电阻每千伏工作电压不得小于1MΩ，否则为绝缘不正常。

2）检查电动机外表有无破损、裂纹，紧固螺栓是否松动、脱落。

3）检查电动机传动机构的连接是否可靠。

4）检查电动机转动是否灵活，可用手扳动转轴，确认转子能否自由转动，转动时有无杂声或卡滞现象。

5）检查电动机的电刷装置装配是否正常。

6）检查电动机轴承润滑是否正常，有无缺润滑脂现象。

7）检查电动机的通风是否良好。

8）检查电动机接地装置是否可靠。

9）检查电动机是否符合使用要求，可根据铭牌所示的电压、功率、频率、联结、转速等额定参数，与实际电源、负载对照，看是否相符。

【问答15】怎样检查电动机轴承运转是否正常？

电动机轴承运转不正常的明显表现有两种：一是过热；二是声音异常。可按以下方法进行检查：

1. 诊听法

诊听法就是听轴承的运转声音是否正常，其方法是在电动机运转时，用一根细铁棍或螺钉旋具，一端抵住轴承端盖，一端贴到耳朵上，如果听到的是均匀的“沙沙”声，则轴承运转正常；如果听到的是“咕噜、咕噜”的冲击声，可能是轴承中有滚珠被轧碎；如果听到的是“哐当、哐当”的撞击声，则可能是轴承严重磨损，间隙过大。

2. 测温法

测温法就是在电动机运行一段时间后，用温度计测量轴的温度是否过高，来判断轴承是否有故障。测量时，可将酒精温度计贴到轴承盖处，观察其温度值。正常时，滑动轴承的温度应不超过80℃，滚动轴承的温度不应超过95℃。若实测得温度过高，则说明轴承发生了故障。

3. 感温法

感温法是一种经验检测法。常用方法有两种：一是当电动机运转时，用手感



觉轴承盖处的温度，若烫手，则说明轴承温度过高；二是在电动机运转时，洒几滴水在轴承上，如冒热气，则说明轴承的温度超过了 80℃。

【问答 16】怎样根据三相电动机绕组烧损的情况判断故障的产生原因？

造成三相交流电动机绕组烧损的原因有很多种，但不同的故障原因都会有不同的特征，因此，在电动机维修工作中，只要细心观察其损坏的症状，并加分析，就可以找出损坏的原因及部位。常见的故障特征及差别方法如下：

特征 1：电动绕组端有几匝或一极相绕组烧焦，而短级部分以外的本相或其他两相绕组较好，或只有轻微的烧焦现象。

故障原因：此种现象是匝间短路引起的。造成匝间短路的主要原因是导线本身绝缘层破损或绕组组间连线绝缘套管处理不当而形成短路；也可能是重绕时选用的导线线径太细，端部机械强度差；或在端部整形时操作不当，使导线绝缘层受损造成匝间短路。

特征 2：绕组端部的 1/3 或 1/2 的极相绕组烧成黑色或深棕色，而其余的一相或两相绕组只有轻微的烧焦现象或完好无损。

故障原因：此种现象是由单相运行造成的，引起三相电动机单相运行的原因较多，常见的原因是线路和电动机引线连接不当。

特征 3：三相绕组全部均匀烧焦、变黑。

故障原因：此种现象的故障原因有两种：一是电动机制造质量差；二是过载。过载的原因有选型不当，负荷过重，端电压太低，接线不符合要求，轴承损坏，轴套咬死，起动时间过长等。

特征 4：短路处有很多导线被熔断，且有很多熔化的铜屑，而其他绕组没有烧焦现象。

故障原因：这是由于相间短路引起的。造成相间短路的原因主要有两种：一是端部相间绝缘薄膜、漆布或双层绕组的层间垫条没有垫妥，在电动机受热或受潮的情况下，绝缘性能下降，导致击穿而造成相间短路；二是用于组间连线的塑料套管耐热性能太差，当电动机在运行时产生热量，使塑料管熔化，而造成连线间发生短路。

特征 5：槽底或槽口有明显的烧伤现象。

故障原因：这是因槽绝缘损坏接地引起的，引起接地的故障原因主要有以下四种：一是电动机的定、转子铁心同心度差，造成定、转子铁心相擦而产生高温，

烧焦槽绝缘层而接地；二是铁心槽口线圈的直线部分到端部转角处有急转弯，使槽绝缘层受压而挤破，形成接地；三是槽口绝缘严密封不严，或竹楔与导线直接接触，受潮后竹楔绝缘性能下降而接地；四是电动机使用环境恶劣，长期处于高温或潮湿状态下，使槽绝缘烧焦、老化发脆或严重受潮，击穿绝缘而接地。

【问答17】电动机修复后应做哪些检查和试验?

电动机修复后的检查试验，是电动机维修的基本步骤之一，也是确保电动机维修质量的重要环节。需检查试验的项目有

1. 一般检查

一般检查主要检查电动机的装配质量，如紧固件固定是否可靠，出线端连接是否正确，转子转动是否灵活等，对于绕线式电动机还应检查电刷装配以及电刷与集电环的接触是否符合要求等。

2. 绝缘电阻测试

在经过一般检查之后，就可以进行绝缘电阻的测试。测试时，应分别测量各相相间和三相对地的绝缘电阻，其值应不低于1MΩ/kW。经无溶剂漆浸漆处理的电动机，冷态绝缘电阻值最小不应低于5MΩ。

3. 耐压试验

电动机绕组耐压的要求是380V/1000W及以上的电动机，耐压有效值为1760V，380V/1000W以下的电动机，耐压有效值为1260V，试验时间为1min。

4. 空载试验

电动机经过一般检查、绝缘电阻测试和耐压试验三项检查达到要求后，才能进行空载试验。空载试验时，先接上三相电源，测量电动机三相电压是否与额定电压相符，如相符，使电动机空载运行20～30min，在运行过程中测量三相电压三相电流是否平衡或超差，并将所测数据记录下来。若空载试验一切正常，即可投入使用。

【问答18】怎样调校转子的不平衡量?

电动机转子发生不平衡现象时，轻者会使电动机产生振动和噪声；严重时，电动机不能正常运转。因此，应及时进行调校。

1. 转子产生不平衡的原因

电动机转子出现不平衡的原因主要有以下几点：一是转子在生产过程中，由



于制造材料中存在气孔或缩孔、零件重量存在误差以及加工误差等各种因素的影响，使转子在重量上不平衡；二是在使用过程中，转子配重螺母脱落，使转子重心不在转子轴上，而造成转子的不平衡。因此，在转子装配完成后或在使用中出现不平衡时，应进行不平衡校正。

2. 转子的不平衡量的计算方法

（1）转子允许不平衡量的计算

转子的允许不平衡量按下式计算：

$$\text{Eper} = (G \times 1000)/(n/10)$$

式中，Eper 为允许不平衡量（单位 μ）；G 为平衡精度等级，一般取 6.3；n 为工件工作转速（单位 r/min）。

（2）允许残余不平衡量的计算

转子允许残余平衡量按下式计算：

$$m = (\text{Eper} \times M)/(r \times 2)$$

式中，m 为允许残余不平衡量（单位 g）；M 为工件旋转质量（单位 kg）；r 为工件半径（单位 mm）。

3. 转子不平衡的调校方法

转子不平衡的调校可根据电动机的极数或额定转速来确定。对于 6 极以上的电动机或额定转速在 1000r/min 及以下的电动机，其转子可以只校静平衡；其他各种电动机转子都需校动平衡。

【问答 19】 怎样判别单绕组双速电动机的同名端？

单绕组双速电动机由于有不同的变极方法，其联结方式通常有 2Y/Y、2Y/△、2Y/2Y三种，有 6 个或 9 个引出线端。在实际维修中，首先应弄清它的联结方式，然后再确定引出线的相属，判别同名端。

1. 2Y/Y联结方式同名端的判别方法

2Y/Y联结方式绕组连接及引出线如图 4-15 所示，绕组共 6 根引出线，调速时为 2Y接法，低速时为Y接法。其同名端的判别方法应先确定引出线的相属，再判别同名端。方法如下：

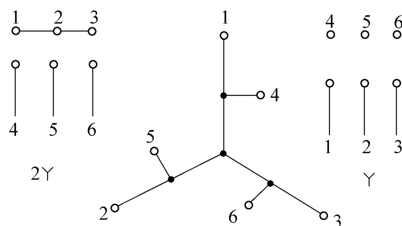


图 4-15　2Y/Y联结方式绕组连接及引出线

（1）确定引出线的相属

采用电阻法进行判别。将 6 根引出线

的任一线编号为1，用万用表测量1与其他出线端的直流电阻，阻值最小者为同相引线，编号为4。同理，可确定另两相绕组的引出线端。

（2）判别同名端

将6根引出线分为两组。1号为假定的引出线，并以1与4为基础，用万用表测量其他出线端的电阻。如果其中两个电阻最大且基本相等，则这3个引出线端是三相绕组的同名端，其余3个绕组引出线端为另一组的同名端。

2. 2Y/△接线方式同名端的判别方法

2Y/△接线方式绕组连接及引出线如图4-16所示。绕组共有6根引出线，调速时为2Y接法，低速时为△接法。其同名端的判别，可以通过电阻法进行判别，可以通过电阻法进行判别，方法如下：

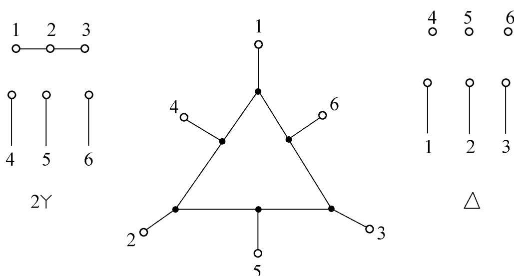


图4-16　2Y/△联结方式绕组连接及引出线

将6根引出线中的任意一根编号为1，用万用表测量1与其他引出线的直流电阻。阻值最小的两根引出线端便是与之相邻并属于另一挡速度的出线端4、6。分别以4、6为基础，用同样的方法找出相邻的出线端2、3，余下的就是5，这样1、2、3与4、5、6便分别属于两档速度的出线端。以△形联结通电，如果能正常运转，则判断1、2、3为低速档出线端，4、5、6为调速档出线端。

3. 2Y/2Y联结方式同名端判别方法

2Y/2Y接线方式绕组引出线如图4-17所示，每相绕组分成独立的两组，其中一组在内部接成Y形。引出线端为1、4、7，另一组相应的引出线端为2、5、8及3、6、9。其同名端可采用直流感应法进行判别。方法如下：

采用3V直流电及一个开关，按照如图4-18所示进行连接。即通过开关S将独立绕组的第一相接头接电池正极，第一相尾端接电池负极。用万用表毫安档分别检测Y形绕组的3个出线端。合上开关S表针应指示正值，否则应对调两表笔再试。找出Y形绕组三次测试中两次显示正极性的端子及电池正极相接的独立相绕组的端子，这两个端子就是同相的同名端。同理，按照此方法也就可以找出另两相的同名端。



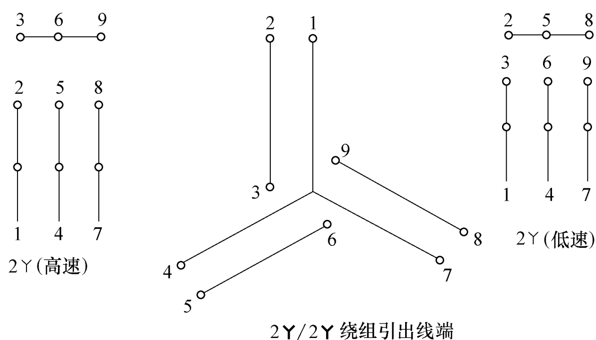


图 4-17　2Y/2Y接线方式绕组引出线

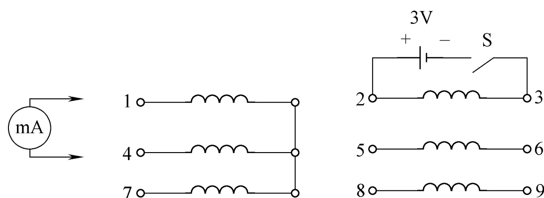


图 4-18　同名端判别方法

【问答 20】怎样检查和修理异步电动机转子端部并头套开焊故障？

异步电动机转子端部并头套开焊是一种常见的故障，其原因主要有：一是使用的焊料熔点过低；二是焊接工艺不规范，导致焊接质量差。可按以下方法进行检查和修理。

1. 并头套开焊的检查法

并头套开焊可用电桥进行检测，其操作方法是

1）用电桥测量绕组相间电阻，并将各相间的电阻进行比较，找出阻值偏大的一相或两相，做上记号。

2）使电桥准确指零，用较软的木板逐个撬开一相或两相的并头套，同时观察电桥的指针，若撬动某一并头套时指针偏离零位，则说明该并头套存在开焊故障。

2. 并头套开焊的检修方法

并头套开焊，可进行重焊修理，但应根据电动机的转速和运行温度来选用焊

料，采用补焊方法。

（1）转速较低的电动机并头套焊接方法

对于转速较低的电动机并头套，可采用焊锡料、松香、酒精溶液作为助焊剂进行焊接。具体作法如下：

1）将功率为300～500W的电烙铁头磨成平状，插入相邻两并头套之间，施上助焊剂。

2）通电加热，待松香未溶化后，用焊锡条碰触并头套与导条的缝隙之间，直至焊锡将缝隙填满为止。

3）抽出电烙铁。

（2）转速较高的电动机并头套焊接方法

对于转速较高，运行时温度较高的转子的并头套，应采用银铜焊料，用氧气-乙炔焰钎焊。由于银铜焊料的熔点较高，焊接时，应用石棉带或棉纱包好线圈绝缘，且边焊边泼水冷却，以保护绝缘不至于被烧坏。

【问答21】怎样检测防爆电动机？

防爆电动机由于在结构上有一定的特点，因此不能随意拆卸，当电动机发生故障需要拆卸、检测时，应按以下方法进行：

1）拆卸检修时，不得用零件的防爆面作撬棒的支点，操作时必须小心，防止防爆面与其他物体发生撞击。

2）拆卸时应按顺序进行，先取下风罩、风扇，再用套筒扳手拆卸端盖和轴承盖螺栓，然后，用圆木或铜棒沿轴向撞击轴伸，使端盖和机座分开，最后取下转子。拆除零件后，将防爆面朝上搁置，并用橡皮或布衬垫盖好。拆下的螺栓、弹簧垫片等零件应妥善放置，防止丢失。

3）若防爆面有损伤，可进行焊补。但必须根据其材料的质量采用相应的焊料，对钢制零件而言，应使用铅焊锡料HISnPb58-2，焊剂为30%浓度的盐酸。对铸铁件而言，应使用含锡58%～60%的锡锌焊料，焊剂为含氯化铵30%、氯化锌70%、加水100%～150%形成混合溶液。焊补后，对凸起部分要磨平，使其达到规定的表面粗糙度。

4）维修组装时，可用油石将防爆面研磨平整，并将附着绝缘漆和脏污清洗干净。

5）对于大修后的防爆电动机，可在防爆面上涂抹一层机油或204-1置换型防锈油，以防止生锈。



【问答22】单相交流电动机不能起动，怎样检修？

单相交流电动机不能起动，一般是电动机绕组不良、起动电路不正常、机械故障等。检修时，先排除起动电路故障，再按以下方法进行检修：

1. 测试方法

（1）直观鉴别法

不通电检测：在不通电时，用手转动电动机轴，若转不动，说明轴承与机轴抱死；若能转动但转动沉重或轻重不匀，说明轴承已单边磨损。

通电检测：接通电源，用手转动电动机，若不能转动，再拆开电动机，用一只手握住转子轴，另一只手握住轴承来回扳动，若有明显松动现象，说明轴承磨损，出现了“定子吸住转子”的现象。

（2）电阻测试法

将万用表拨置 R×1k 档，将一只表笔接在电动机绕组公共接点上，另一只表笔依次搭接一次绕组和二次绕组测量其电阻值，判断电动机绕组是否短路或烧坏。

2. 修理方法

（1）更换新轴承

若轴承磨损，应更换新轴承。

（2）修复绕组

绕组的修复应根据其损坏的程度来决定。对于尚未完全烧坏的短路绕组，可采用局部简易修补。其方法是先找出被碰伤的绕组，通电加热使绝缘层软化，再用镊子细心地挑出碰伤的线头，将断口轻轻地拉出 3～5mm，去掉绝缘层，露出裸线，涂上松香，另取一段线径相同的导线与裸线焊接牢固，并套上绝缘管，再在维修焊接部位绑扎几圈尼龙线。用万用表测量是否接通，若已接通，即可使用。

对于严重短路的线圈，则不能修补，只有更换绕组。

【问答23】单相交流电动机机壳带电，怎样检修？

电动机机壳带电，轻者当人体接触机壳时有麻电感，严重时，会导致触电事故。造成机壳带电的原因主要有两个：一是电动机内某一引出线绝缘层破损，且碰触壳体；二是电动机绕组局部烧毁，引起定子与外壳之间产生漏电。可按以下方法进行检修：

1. 电动机机壳带电的判断方法

用绝缘电阻表测量电动机的一、二次绕组对地的绝缘电阻，测试时把电动机的三相引线连一起与绝缘电阻表的一端相接，绝缘电阻表的另一端与电动机外壳相接。正常为时其阻值应大于5MΩ，若阻值在2MΩ以下，则说明电动机已严重受潮；若表针摇摆不定，则说明电动机绕组某一处绝缘已基本击穿。

2. 电动机机壳带的检修方法

若电动机受潮，应对电动机进行烘烤、去潮处理。若电动机绕组某处绝缘击穿，则应查明击穿的部位，进行局部绝缘修理或对绕组进行浸漆、烘干，使绝缘电阻恢复正常，即可使用。

【问答24】单相异步电动机中电容损坏，怎样检修？

单相异步电动机中电容的常见故障有电容容量下降、电容漏电、电容击穿短路、电容开路等。其检修方法如下：

1. 电容是否损坏的检测方法

（1）万用表测试法

用螺钉旋具或导线将可疑电容的两端短接进行放电，再将其拆下。用万用表R×1k或R×10k档对电容进行检测。测量时，两表笔分别接在电容的两端，观察表针的摆情况。若表针能摆动，也能返回，但摆幅很小，则说明电容容量下降；若表针摆到刻度盘上某较小电阻处后不能返回，则说明电容漏电严重；若指针摆到电阻零位后不返回，则说明电容内部已击穿短路；若指针根本不摆动，则说明电容已开路。

也可以用万用表R×100档，测量电容器两引线的对地电阻，若阻值为零，则说明电容的电极与外壳击穿接地。

（2）交流放电法

将电容的两引线直接接触单相交流电源，再用螺钉旋具或导线将电容器两引线短接，观察放电火花，正常时应有放电火花；如果没有放电火花，则说明电容已损坏；如果放电火花很微弱，则说明电容的电容量严重不足。

注意：对电容作放电试验时，其通电时间要尽量短，如果超过4s，则可能烧毁电容。

2. 电容的检修

电容是一种易损件电气元件，无论是电容量下降、内部击穿短路或断路，均不能修复，只能更换新件。如果一时找不到原型号的电容，可选用耐压足够、电



容量相同或相近的电容替换。

【问答 25】怎样检修单相电容起动式电动机中的离心开关？

单相电容起动式电动机中的离心开关由固定部分和旋转部分组成，固定部分安装在电动机的前端盖内侧；旋转部分安装在转子轴输出端，并随转子旋转。其工作原理如图 4-19 所示。图中，LS 为离心开关，S 为电源开关，当合上电源开关 S 后，离心开关 LS 闭合，将电容 C 串联于起动绕组中，电动机开始运转。当电动机达到一定转速时，因离心力的作用，LS 断开，将起动绕组和电容 C 的串联电路断电，电动机由起动转换为正常运行状态。因此，在单相电容起动式电动机中，离心开关是一种完成电动机起动的重要部件。但离心开关为机械结构，触点动作慢，容易损坏，且维修和拆卸相当麻烦。下面介绍一种离心开关代换电路。

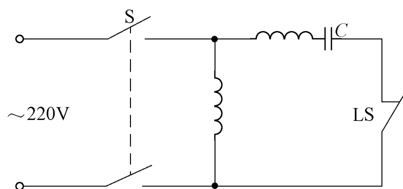


图 4-19　单相电容起动式电动机电路原理图

离心开关代换电路主要由干簧继电器、交流继电器、电源开关等构成，如图 4-20 所示。图中，干簧继电器的触点电流为 100mA。交流继电器的线圈电压为 220V，将干簧继电器和交流继电器 K 安置于原离心开关的位置。合上电源 S 后，干簧继电器触点闭合，接通交流继电器 K 线圈的供电电路，KM 吸合，将起动绕组接通，电动机起动运转。随着电动机转速的提高，电路电流下降，当电路电流接近电动机额定工作电流时，干簧继电器触点释放，交流继电器 K 断电释放，断开起动绕组，电动机正常运转，完成了一次起动任务。

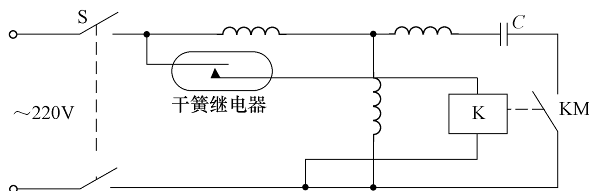


图 4-20　离心开关代换电路

【问答 26】单相电动机转轴弯曲，怎样检修？

小型单相电动机，在不通电时，电动机的转子手动可以转动，但通电后，电

动机不能起动，转子被定子吸住，此种现象通常称为“单边磁拉力”故障，属于电动机的机械故障。造成电动机发生“单边磁拉力”故障的原因，除轴承磨损和转轴磨损外，多为转轴弯曲，使转子偏向某一侧所致。可按以下方法进行检修。

1. 转轴弯曲的检测方法

先将转子拆下，按照如图 4-21 所示，将转子夹于车床上，转动转子，观察划针的上下摆情况，即可测量出转轴的弯曲程度及弯曲点。同时在弯曲点作上标记。

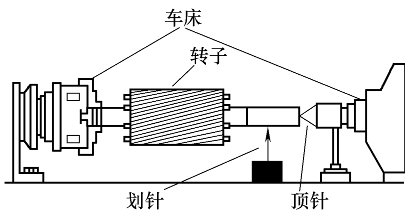


图 4-21　转轴弯曲的检测方法

2. 校正转子的方法

当验证转轴已弯曲时，可采用冷态直轴法进行校正。按照如图 4-22 所示，将转轴固定在油压机上，并将弯曲的凸出面朝上，然后用压力机压杆对弯曲处加压，在加压过程中用划针进行多次检测，直至将转轴完全校直为止，然后装上使用。

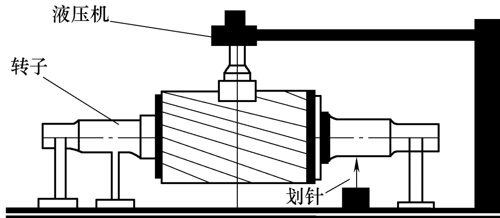


图 4-22　校正转子的方法

【问答 27】怎样修理直流电枢绕组接地故障？

1. 电枢绕组接地故障的检查

当怀疑直流电枢绕组有接地故障时，可采用毫伏表进行检查，方法如下：

用干电池接于换向器上，毫伏表的一个引线端接在转轴上，另一引线端对换向片移动检查，当毫伏表的读数很小或为零，则说明被触及的换向片和其连接的绕组存在接地故障。

2. 电枢绕组接地故障的修理

对于电枢绕组接地故障，可采用重新加入绝缘物和将接地线圈废置在电路内的方法进行检修。

1）重新加入绝缘物。就是在故障处插入绝缘物，使接地处隔开，并涂上绝缘漆。



2）将接地线圈废置在电路内的做法是先从换向片上拆下接地线圈的引线，在此换向片间接一跨接线，将它们短接。再将引线包扎好，使其留在原处，但不与换向器接触。这样接地线圈线就废除了，电动机仍能正常工作。

【问答 28】怎样确定直流电动机电刷中性线位置？

在直流电动机维修中，可通过调整刷杆座至原位或用感应方法重新找出电刷中性线位置。查找方法如下：

按照如图 4-23 所示，断开电动机电源，将毫伏表接到电动机两相邻两组的电刷上，在励磁绕组串联一个开关，接上 3V 电池，用手连续反复通断开关，毫伏表指针会左右摆动，此时将电刷架位置来回移动，并观察毫伏表指针摆动的情况，当指针摆动最小时，电刷位置即正好在中性线上。

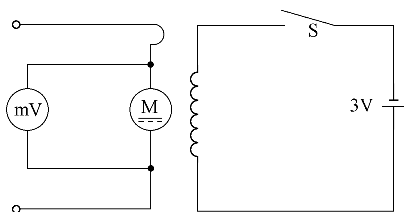


图 4-23　确定直流电动机电刷中性线位置接线图

【问答 29】怎样对检修后的直流电动机进行运转试验？

对于经更换绕组而修复的直流电动机，必须进行空载试验和负载试验，在两种试验均正常的情况下，才能正式投入使用。

1. 空载试验

（1）试验设备

空载试验前，准备一只直流电流表和两台单相调压器（三相调压器也可），调压器容量为 3kVA 左右，电压为 0 ~ 250V。

（2）接线方式

将被试验的电动机接成他励方式运转，两台调压器输出端通过全波或桥式整流分别送到电动机的励磁和电枢的接线端上，并接入直流电流表。

（3）试验操作

先给励磁绕组加额定电压，然后逐渐升高电枢电压。检测电动机是否运行正常、有无噪声、振动及过热现象。检测在额定电压下直流电流及转速是否稳定正常。正常情况下，励磁电流在额定值范围内不随电枢电压而变化。电枢电流在起动时增大，但随电压升高转速上升后电流开始回落，且换向器之间无火花出现。

反之，则说明电动机空载不合格，应进行反修。

2. 负载试验

负载试验应在空载试验合格后进行。下面介绍一种发电机式负载试验的方法。

（1）试验设备

准备一台大于被测试直流电动机功率的三相交流异步电动机（最好是换相器调速电动机）、一口水缸并盛入一定浓度的盐水（作为负载电阻）、一只直流电流表和一只带分流器的直流电流表。

（2）接线方式

将三相交流异步电动机作为原动机，并与被测直流电动机连接，在被测直流电动机输出端并联一只直流电流表，串联一只带分流器的直流电流表。

（3）试验操作

给三相交流异步电动机加电，使三相异步电动机拖动待试的直流电动机作发电机运行，将输出端正、负极浸入盐水缸内，移动正、负极的相对距离，观察电流表的读数变化和电动机换向器表面的火花情况。如果在 2 ~ 3min 内，电流表读数为额定电流值，换向表面火花正常，则说明负载试验合格，可以投入使用。

【问答 30】 永磁直流电动机有哪些常见故障？怎样检修？

永磁直流电动机除定子由永磁体外，其结构与一般直流电动机基本相同，其常见故障及检修方法如下：

1. 接通电源后，电动机不能起动，也无任何反应。

电动机不能起动，也无任何反应，则说明电动机线路有故障。可用万用表检测电源至转子绕组之间的线路，若断路，进行修复即可。

2. 接通电源后，电动机不能运转，但有“嗡嗡”声。

有“嗡嗡”声，说明电源已接通，可能是机械方面发生了故障。应检查机械方面有无卡死，转轴是否有异物阻塞。清除异物后，故障即可排除。

3. 电动机转速慢

电动机转速慢一般是由于电刷与换向器之间积有一层污垢或电刷磨损过大接触不良所致。首先应拆开机壳将电刷与换向器之间的污垢清洗干净。若电刷严重磨损，则应更换新电刷。



4. 电动机时转时不转

电动机时转时不转的故障原因有两种：一是电刷与换向器接触不良；二是子绕组焊点脱焊或电动机引线接头松动。检修时，先对换向器进行清洁处理，若无效，再检查转子绕组及电动机引出线，若脱焊或松动，进行修复即可。

【问答 31】怎样排除电动机扫膛故障？

电动机扫膛即定子与转子相擦，若不及时检查、修理，将会造成烧毁定子绕组，损坏定子槽齿，使电动机报废。其故障原因及排除方法如下：

1. 定子腔中掉入异物

对于维修后出现扫膛的电动机一般是在维修中将螺钉、垫片、铁渣等异物掉入在定子腔中。应拆开电动机，清除异物，再重新装配。

2. 前、后端盖上的轴承台（与轴承外圈接触部分）磨损。

根据磨损程度处理。对于只是轻度磨损，可将磨损部位清洗干净，涂一层 AB 胶修补；若严重磨损，只有更换新端盖。

3. 与轴承内圈静配合的轴径严重磨损

拆下转轴，对严重磨损处进行清洁处理后，再堆焊，然后搬到车床上，将其切削到合适的尺寸。

4. 定子机壳两端固定前、后端盖的止口磨损

将磨损处清洗干净，再涂一层 AB 胶即可。

5. 轴承严重磨损

拆下已磨损的轴承，换上同型号的新轴承。

6. 前、后轴承盖装配不当

拆下前、后轴盖，重新装配。

7. 定子铁心局部变形

在更换绕组时，因拆除旧铜线的方法不当，使铁心局部变形。用砂轮将凸起部分修磨平整即可。

8. 转子弯曲、变形

对于转子局部变形，可用锉刀或砂轮对变形处进行修整；若转子轴径弯曲，应拆下校正或更换新轴。

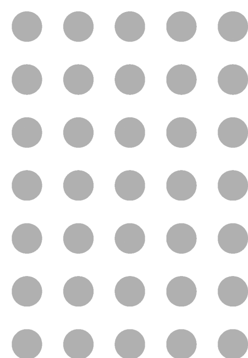
9. 前后端盖裂纹

先将端盖打入定子机壳的止口中，将止口（轴向和径向定位的面）整周对齐，然后用角磨机在裂纹处磨出焊口，加温后用铸铁焊条焊牢。再卸下端盖，将

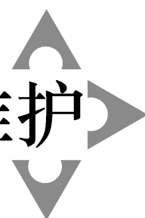
端盖内侧的裂纹处焊牢。焊接后，将焊接部修磨平整即可。

10. 机壳裂纹

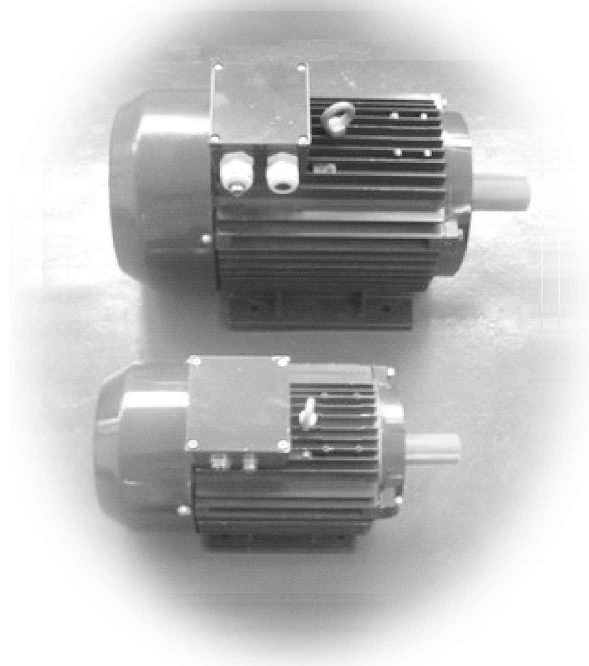
小型电动机出现机壳裂纹时会影响转轴的同心度，而造成扫膛。修理时，先用粗铁丝将定子机壳两端捆住，使用绞合的方法加力，使机壳的裂纹全部闭合，然后磨出焊口，根据机壳的质量（铸铁或钢）选用相应的焊料焊牢。

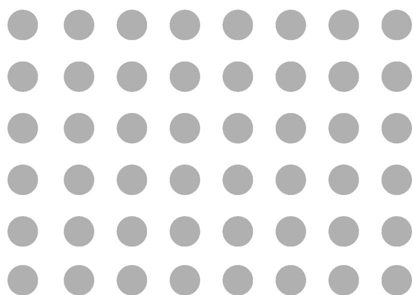


第5篇



看图学电动机拆装维护







【问答 1】拆卸电动机的一般步骤是怎样的？

1. 拆卸前的检查

拆卸前应对电动机做以下检查和测试：

1）选择拆卸电动机的工作场地，清理现场环境。场所应宽敞、干净，并有电源。

2）用压缩空气吹净电动机表面灰尘，并将表面污垢擦拭干净。

3）准备好拆卸电动机所需的工具和设备。包括常用工具和专用工具。

4）熟悉所拆卸电动机的结构特点和检修技术要求。

5）给电动机通电带负载运行，检测电动机的负载电压、电流、转速、温度、声音和振动等，然后断开负载，检测电动机空载电流和空载损耗，并做好记录，进一步分析了解电动机缺陷。

6）用绝缘电阻表测试电动机的绝缘电阻，对电动机的绝缘性能进行鉴别。

7）测试吸收比。判断电动机的绝缘性能和受潮程度。

2. 拆卸步骤

拆卸电动机时，应按照由外到内的顺序进行。

1）拆卸电动机的所有引线。

2）拆卸传动轮或联轴器。

3）卸下底脚螺母和垫圈。

4）拆卸风罩。

5）卸下风扇叶。

6）拆卸轴承盖和端盖。一般小型电动机可只拆风扇一侧的端盖。

7）抽出转子。对于笼型转子，可直接从定子腔中抽出。

8）拆下前后轴承及内盖。

3. 应注意的事项

1）拆卸时应注意标准件的规范，对于螺钉应分别使用一字螺钉旋具或十字螺钉旋具拆卸；对于全纹六角头螺栓应使用扳手拆卸。

2）拆卸时不得用铁锤直接敲击，以防止损坏机件。

3）拆卸下来的外部接线应做好标记。例如对于异步电动机，应做好与三相电源对应的标记，对于直流电动机，应分别做好并励绕组、电枢绕组等与外部接线对应的标记，以便于安装。

4）拆卸带有电刷的电动机时，应先将电刷从刷握中取出。对于直流电动

机，还需将电刷位置做上记号。

【问答2】安装电动机的一般要求有哪些?

电动机安装方式是否正确，安装质量是否符合要求，对于提高电动机的工作效率，确保电动机安全运行，延长电动机使用寿命有着直接的关系。因此，在安装时应注意以下几个方面：

1. 安装场地

电动机一般应安装在室内清洁、干燥的场所，周围必须通风良好，环境空气最高温度不得超过40℃，最低温度不得低于－15℃，并应防止强烈的热辐射。对于临时安装室外的电动机，须采用遮阳避雨措施。

2. 电源的连接

按接线图接线，电源线接头连接应牢固，带引出电缆、电线的电动机，可直接和电源线连接，接头处要绝缘密封。

3. 保护装置的配置

电动机控制电器应配置断相保护和过载保护装置。YA系列增安型电动机应根据铭牌上的t_E时间及起动电流选择合适的过载保护位置。

4. 连接装置的选用

电动机与生产机械的连接，可以是联轴器、齿轮、传动带三种连接形式。但4kW以上的2极电动机和30kW以上的4极电动机不宜采用传动带传动；双轴伸电动机的第二轴伸只能采用联轴器传动。

采用联轴器传动时，电动机轴中心线与负载机械轴中心线应重合，联轴器轴向应保留1～3mm的间隙。采用传动带传动时，电动机轴中心线也应与负载机械中心平行，传动带中心线与轴中心线相互垂直，皮传动轮轴孔电动机轴的配合松紧适当，安装时严禁用重锤敲击。

5. 注意电动机的转向

当电源线，相序和电动机接线头标记对应连接时，从轴伸端看电动机顺时针旋转为正转。若需改变转向，只要将任意两根电源线接线调换即可。

6. 可靠接地

电动机必须可靠接地。接地方式、接地电阻等应符合国家《工业与民用电力装置的接地设计规范》及《工厂电力设计技术规范》等电气安全管理的规定。



【问答 3】怎样装配电动机？

对于解体修理的电动机，需重新装配，装配顺序、方法及应注意的事项如下：

1. 装配顺序和方法

1）装配前应对轴承进行清洗、检查，并加适量的润滑脂。对于磨损严重的轴承，则应更换新件。

2）用压缩空气将电动机内部的灰尘吹除干净。

3）检查各部分零件的完整性，清洗油污。

4）按与拆卸相反的顺序进行装配。装配后，检查核对各部件的标记是否正确复位，轴承盖配合是否合适。

2. 应注意的事项

1）应严格按照操作规程进行装配，不得损坏绕组或绝缘层。

2）不得用铁锤直接敲击电动机，敲击时应垫上铜、铝或硬木，并进行对称敲击。

3）用热套法装轴承时，其温度不得超过 100℃，并注意配备现场灭火装置。

4）按原位摆放底座垫片，尽量减少对中的工作量。

5）装配完毕后，应对电动机进行一次全面检查，一切达到完好后方可通电试机。

【问答 4】怎样拆卸传动轮？

电动机解体时，一般从拆卸传动轮或联轴器开始，拆卸和装配的方法如下：

1. 拆卸方法

1）在传动轮和联轴器与轴之间做好位置记号。

2）拧下传动轮上的固定螺钉或销子。

3）按照如图 5-1 所示，用拉具的螺杆中心对准电动机轴的中心，并注意拉钩和传动轮的受力情况。

4）扳动手柄，将传动轮慢慢拉出。

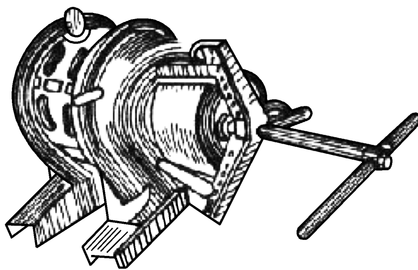


图 5-1　拆卸传动轮

如传动轮锈蚀拉不出，可在内孔注入少量煤油再拉。若仍拉不出，可用喷灯或焊枪对传动轮外周加热，同时用湿布将轴包好，并不断对轴浇冷水，以防热量传入电动机内，在加热瞬间扳动拉具手柄，即可将传动轮或联轴器拉出。

2. 装配方法

装配时，先用细砂布将转轴的表面及传动轮或联轴器的轴孔砂磨光滑，并涂上一层润滑油，将传动轮或联轴器对准键槽套在轴上，用硬木块垫在键的一端，轻轻将键敲入槽内。注意：键在槽内的松紧要适度，太紧或太松都会损伤槽和键，且太松还会使传动带打滑或产生振动。

【问答5】怎样拆装电动机轴承?

拆装轴承是维修电动机的主要工作量之一，拆卸及装配的方法如下：

1. 拆卸方法

拆卸轴承的方法与拆卸传动轮相似，也可以使用拉具进行，在具体操作中可采用以下三种方法。

（1）用拉具拆卸

用拉具拆卸轴承的方法如图5-2所示。拆卸时钩爪一定要抓牢轴承内圈，以免损坏轴承。

（2）敲打拆卸法

敲打拆卸法是使用铜棒对准轴承的内圈，用锤子敲打铜棒将轴承推出，如图5-3所示。操作时应注意以下事项：一是铜棒放置应尽量斜一些，以免损伤轴承；二是轮流敲打轴承内圈的相对两侧，不可敲打一边；三是敲打时用力不可过猛，以防止造成轴承损坏。

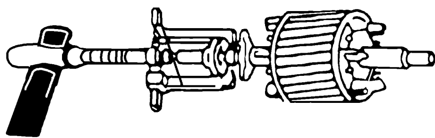


图5-2　用拉具拆卸轴承的方法

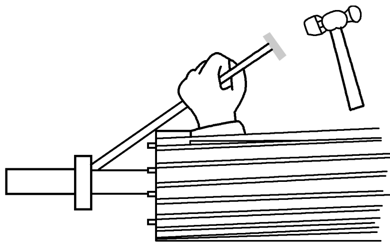


图5-3　敲打拆卸法

（3）冲击法

在拆端盖内孔轴承时，可采用冲击法进行。如图5-4所示，将端盖止口面向上平衡放置，在轴承外圈的下面垫上木板，但不能顶住轴承，然后用一根直径略



小于轴承外沿的铜棒或其他金属管抵住轴承外圈，用锤子敲打，将轴承冲出。

冲击法的另一种操作方法是用两块厚铁板夹住轴承内圈，铁板的两端用可靠支撑物架起，使转子悬空，如图5-5所示，然后在轴上端面垫上厚木板，用锤子敲打，使轴承脱出。注意：木板必须放平，且锤子应敲打轴的中心位置。

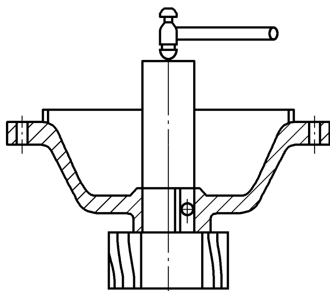


图5-4　冲击法示意图

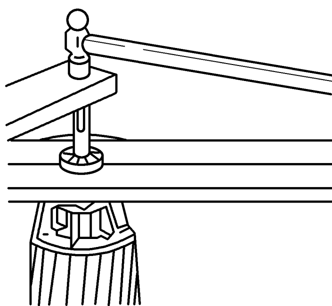


图5-5　冲击法的另一种操作方法

2. 装配方法

轴承的装配方法分冷套法的热套法两种，在实际检修中一般都采用冷套法。

（1）冷套法

先将轴颈部分擦拭干净，把经过清洗好的轴承套在轴上，用一段平口钢管，其内径略大于轴颈的直径，套入轴颈，再在钢管端头垫一块硬木，用手锤敲打木块，使钢管将轴承推进。但钢管的内、外径必须合适，如果没有合适的钢管，也可用硬木棒或铜棒顶住轴承内圈，沿着轴承内圈的圆周均匀敲打，使轴承平衡行进。

（2）热套法

热套法是根据物体热胀冷缩的原理进行装配的一种方法。用一只金属盆盛上一定数量的变压器油，放到火炉上加热，当油温加到80～100℃时，将轴承吊放到油中30～40min，然后趁热取出迅速套入轴颈中。

注意：不管采用哪种方法装配，都应注意以下两点：

1）安装轴承时，标牌必须向外，以便下次更换轴承时查对轴承型号。

2）合理加注润滑油。一般高转速电动机轴承的加油量应为轴承总容量的1/3加注，低转速电动机轴承的加油量应为轴承总容量的2/3。

【问答6】怎样拆装轴承外盖？

电动机有前后两个轴承外盖，其拆装方法如下：

1. 拆卸方法

1）拧下固定轴承盖的螺钉。

2）取下前后轴承外盖。

3）对前后两个轴承外盖分别作上标记，以免装配时前后装错。

2. 装配方法

先将外盖穿过转轴套在端盖外面，再插上一颗螺钉，用一只手顶住这颗螺钉，另一只手转动转轴，使轴承内盖也跟着转到与外盖的螺钉孔对齐时，便可将螺钉顶入内盖的螺孔中并拧紧，最后把其余两颗螺钉也装上拧紧。

【问答7】怎样拆装端盖？

电动机检修时，需先拆下端盖才能将转子抽出。拆卸和装配端盖的方法如下：

1. 拆卸方法

1）拆卸前，应在端盖与机座的接缝处做好标记，以便于复原装配。

2）拧下固定端盖的螺钉，用螺钉旋具插入缝隙内慢慢将端盖撬出。

3）对前后端盖分别做上记号，以免装配时搞错。

2. 装配方法

（1）后端盖的装配

装配后端盖应由两人操作，将轴伸端朝下垂直放置，在其端面上垫上木板，后端盖套在后轴上，用木槌敲打。把后端盖敲进去后，再装轴承外盖。

（2）前端盖的装配

装配前端盖时，先将前轴承内盖与前轴承按规定加足润滑油，一起套入转轴。然后，在前内轴承盖的螺孔与前端盖对应的两个对称孔中穿入铜丝拉住内盖，待前端盖固定就位后，再从铜丝穿入前外轴承盖拉紧对齐。接着给未穿铜丝的孔中先拧紧螺栓，带上丝口后，抽出铜丝，最后给这两个螺孔拧入螺栓，依次对称逐步拧紧即可。

也可以用一个比轴承盖螺栓更长的无头螺钉（吊紧螺钉），先拧进前内轴承盖，再将前端盖和前外轴承盖相应的孔套在吊紧螺钉上，使内外轴承盖和端盖的对应孔始终拉紧对齐。待端盖安装到位后，先拧紧其余两个轴承盖螺栓，再用第三个轴承盖螺栓换下开始时用以定位的无头长螺栓（吊紧螺栓）并拧紧。

3. 应注意的事项

1）装配端盖时，应按照拆卸时记下的标记，将端与机座对位装上。

2）在紧固端盖螺栓时，应对角逐渐紧固，且紧固均匀，不可有紧有松。



3）在固定端盖的过程中，要不断地转动转子，以确保转子的转动灵活。

【问答 8】怎样抽出转子？

将转子从电动机内抽出是一项笨重又细致的工作。在抽出转子之前，应在转子下面气隙和绕组端部垫上厚纸板，以免在抽出转子过程中碰伤铁心和绕组。对于不同类型的电动机，可采用不同的抽出方法。

1. 小型电动机转子的抽出方法

小型电动机由于转子的重量较轻，可由一人直接用手取出，其操作方法是先用一只手握住转轴，把转子拉出一部分，随后用另一只手托住转子铁心往外移，即可将转子取出。

2. 中型电动机转子的抽出方法

中型电动机的转子较重，需两人一起操作才能取出。其操作方法是两人分别握住转轴的一端，将转子往一端移动，若铁心较长，有一端不好用力时，可用一切钢管套在转轴上，以方便出力，直至将转子取出。

3. 大型电动机转子的抽出方法

大型电动机的转子较重，可采用起重设备吊出，其操作方法是先将转子轴两端套用起重用钢丝绳吊住转子，缓慢移出。再在轴的两端套上一根钢管，并在钢管内衬一层厚纸板或棉丝头，以防止钢管刮伤轴颈，继续将转子往外移。待转子的重心已移到定子外面时，在转子轴端上放一支架，支架的高度应与电动机定子基本平行，将钢丝绳套在转子中间，即可将转子全部抽出。

【问答 9】怎样识别和选用轴承？

轴承是电动机的运动部件。如轴承磨损严重，外圈与内圈间隙过大，会造成轴承过度松动，转子下垂并摩擦铁心；轴承滚动体破碎或滚动体与滚槽有斑痕，保持架有斑痕或破损等，均会造成电动机运行不正常，应及时更换新轴承，且更换的轴承应与损坏的轴承型号相符。

在实际检修中，由于电动机的类型较多，不同机型使用的轴承型号不一样，因此，对维修人员来说，学会识别和选用轴承是一项不可缺少的知识。

电动机轴承可分为滚动轴承和滑动轴承两大类。一般中、小型电动机使用滚子轴承；而大型电动机则多使用滑动轴承。下面介绍中、小型电动机常用滚子轴承型号及代号的意义。

按照国家标准，滚子轴承代号采用汉语拼音字母和阿拉伯数字表示，使用七位数字表示轴承的结构、类型和直径。从右向左读起，第一、二位数字表示轴承内径；第三位数字表示轴承直径系列；第四位数字表示轴承类型代号；第五、六位数字表示轴承的结构特点；第七位数字表示轴承的宽度或高度系列。

常用的滚子轴承代号都用四位数字表示，其含义如表5-1。

表5-1 常用滚子轴承的代号含义

代号位数	相应的数字含义	数字代号									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
第一、二位数	轴承内径大小	代号数字小于04时，00、01、02、03分别表示轴承内径分别为10，12，15，17mm；代号数字为04～99时，代号的数字乘以5即为轴承的内径尺寸									
第三位数	轴承直径类型		特轻轴承	轻窄轴承	中窄轴承	重窄轴承	轻宽轴承	中宽轴承	特轻轴承	超轻轴承	超轻轴承
第四位数	轴承类型	向心球类	调心球类	向心短圆柱滚子类	调心滚子类	滚针类	螺旋滚子类	角接触球类	圆锥滚子类	推力球类	推力滚子类

提示：滚子轴承的标示超过七位数字，对于超过七位数字的，就从左边读起，左起第一位数字表示轴承游隙，由阿拉伯数字表示，左起第二位数表示轴承精度等级，由汉语拼音字母表示。如G为普通；E为高级；D为精密级；C为超精密级。

【问答10】怎样重绕定子绕组？

当电动机定子绕组严重损坏而无法局部修理时，则应按照原样更换全部绕组，重绕定子绕组的步骤、工艺、材料及方法如下：

1. 拆除旧绕组

拆除旧绕组前，应对电动机的铭牌数据、铁心数据、绕组数据、线圈数据等进行详细记录，然后再进行拆线。拆除旧绕组常用的方法有三种。

（1）冷拆法

采用冷拆法时，首先用钳子将各绕组的线圈边剪断，然后用一根形状合适的铜棒，将槽内的各线圈边逐个顶出，再用钳子从另一端夹住导线逐个拉出。

（2）热拆法

热拆法是先对电动机进行加热，使绝缘层软化，再进行拆除。加热的方法通常有通电加热法和烘箱加热法两种。

1）通电加热法。通电加热法是先将电动机三相绕组串联成开口三角形，间



断通入 220V 交流电，使绕组产生热量；也可以使用三相调压器对定子三相绕组通电，控制通入的电流为额定电流的 1.8 倍左右，对绕组间断加热。

2）烘箱加热法。烘箱加热法是利用专用的烘箱，将电动机定子放入烘箱内，烘箱温度保持在 100～150℃，烧烘 1h 左右后取出，趁热拆出槽楔，将绕组各个线圈的一端剪断，用钳子夹住导线的另一端拉出。

（3）溶剂溶解法

溶剂溶解法是利用化学药品软化绝缘层的一种方法，适用于拆除小型电动机的使用。常用的溶剂有氢氧化钠（工业烧碱）溶剂，丙酮、甲苯和酒精混合溶剂，丙酮、甲苯和石蜡混合溶剂。将这些溶剂按照说明配比后，用毛刷刷到电动机绕组的两端部和槽口上，1～2h 后，绕组绝缘层软化溶解，即可进行折线。

注意：使用溶剂溶解法时，必须在通风良好的环境下进行，并注意防火，以防止中毒和发生火灾。

2. 准备好线模

定子绕组的线圈是在绕线模上绕制而成的。在自制线模时，可根据电动机定子铁心和绕组尺寸的理论数据，或旧绕组的实际尺寸制作。

线模可做成固定式、可调式和简易多用式三种。其中，固定式线模又分为角形和圆形两种；可调式线模可以根据绕制线圈的规格进行调整；简易多用式线模制作非常简单，它是在木板上钻几排孔，用竹棒插入孔中，每根竹棒上安放一个外径约 12mm，厚约 10mm 的胶木垫圈，再按一块同样的模板，装夹到绕线机上即可。三种线模的结构如图 5-6 所示。

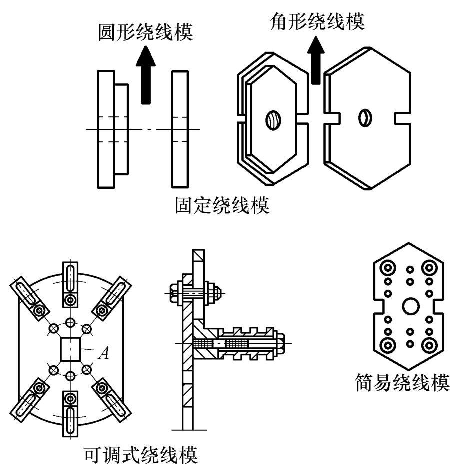


图 5-6　三种线模的结构

3. 制作线圈

制作线圈应利用绕线机，将线模安放于绕线机上来绕制的。绕线前，应弄清所绕线圈的极相组数。绕制的方法有三种：

1）一个线圈一个线圈地单独绕制。

2）每个极相组的几个线圈连起来一起绕制。

3）将同一相的线圈一次连接绕制，中间不用剪断。

其中，第三种绕线方法能减少接头和避免线圈反接的错误。但在绕制时，需将几个线模组合起来进行。

绕线的工艺要求如下：

1）先在绕线模上放好卡紧布带，将引线排在右手边，然后从右向左开始绕线。

2）用毛毡浸石蜡的压板将电磁线夹紧，均匀地摇动绕线机，绕制时拉力应适当，使导线排整齐，避免导线交叉混乱，确保导线绝缘层不受损坏。

3）检查线圈的尺寸、匝数，确认准确后，再将两个直线边用布带扎紧，以免松散。

绕制的线圈示意图如图 5-7 所示。

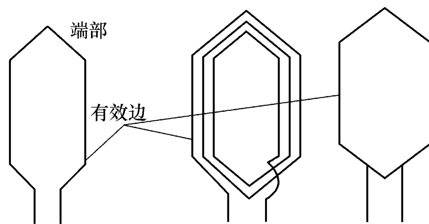


图 5-7　绕制的线圈示意图

注意：在绕制过程中，如果导线不够长，需要接线时，其接线头应选择在线圈的端部，并用焊锡焊好，套上绝缘管。

4. 嵌线

嵌线就是根据绕组设计要求把绕制好的一个个线圈嵌放到定子槽内，组成整个绕组。其操作步骤是：准备工具→选择绝缘材料→放置槽绝缘→嵌线→封槽口→端部整形。

（1）准备工具

嵌线时必须使用专用工具，才能保证嵌线质量，提高工作效率。常用的工具有木槌、划线板、压线板、剪刀、弯嘴钳等。

（2）选择绝缘材料



绝缘材料的选用是决定电动机的性能、质量和使用寿命的重要因素。异步电动机定子绕组绝缘分为槽绝缘、相绝缘、层间绝缘三种。

槽绝缘：用于槽内，是绕组与铁心之间的绝缘。

相绝缘：用于绕组端部两个绕组之间的绝缘，故又称端部绝缘。

层绝缘：用于双层绕组上下之间绝缘。单层绕组不需要此绝缘。

定子绕组绝缘材料应根据电动机的绝缘等级和电压等级来选择主绝缘材料，并配以适当的补强材料，以保证主绝缘材料不受机械损伤。主绝缘材料有聚酯薄膜、漆布，补强材料有青壳纸等。在选用绝缘材料时，应注意主绝缘材料和引出线、套管、绑线、浸渍漆等均为同一绝缘等级，彼此配套使用。

常用槽绝缘结构如表 5-2。

表 5-2　常用槽绝缘结构

耐热等级	材料结构
E	外层:绝缘纸,中层油玻璃漆布 2412,内层聚酯薄膜
	外层:聚酯薄膜绝缘纸,中层和内层;聚酯薄膜纸复合箔 6520(一层聚酯薄膜,一层青壳纸,中间为粘合漆)
B	外层:醇酸玻璃布 2430　中层:醇酸玻璃柔软云母板 5131　内层:聚酯薄膜
	聚酯薄膜、聚酯纤维复合箔 DMD 或 DM DM(D—聚酯纤维无纺布;M—6020 聚酯薄膜)
F	聚芳酰胺薄膜—粉云母纸与玻璃布复合材料
	聚酯薄膜、芳香族聚酰胺纤维纸复合箔 NMN
H	外层:聚酯亚胺薄膜　中层,有机硅柔软云母板 5150　内层:聚酯亚胺薄膜
	聚酰亚胺薄膜、芳香族聚酰亚胺纤维复合箔 NMN

（3）槽绝缘工艺要求

1）槽绝缘的宽度。槽绝缘的裁剪与放置应根据电动机的绝缘等级而定。主绝缘放置在槽口下，不宜超出槽口，裁剪前应进行估算。

2）槽内绝缘伸出铁心的长度。槽内绝缘伸出铁心的长度应根据电动机容量的大小而定。太长，会增加线圈直线部分的长度，既浪费绝缘材料和导线，又易造成端盖损伤导线的故障；太短，会使绕组与铁心的安全距离不够，给端部相绝缘与槽绝缘的衔接造成困难。

3）裁剪绝缘材料的要求。裁剪玻璃漆布时，应与布的斜纹方向成 40°；裁剪青壳纸应使造纸时的压延方向与槽绝缘的宽度方向一致。

（4）嵌放线圈前的准备工作

嵌放线圈前，应清理槽内的绝缘物，修正突出的钢片，纠正铁心端钢片的弯曲。将硅钢片的毛刺清除干净。安放槽绝缘后，还应检查其安放是否平直，位置

是否准确。

（5）嵌线的理论分析

以三相异步电动机为例，定子槽数 $Z_1=24$ 槽，磁极数 $2P=4$，每槽匝数为100匝，单层，600相带，跨距采用短距式，单链式绕组，绕组节距 $Y=5$。从已知条件可以得出：相数 $m=3$，每极每相槽数 $q=2$，槽距角 $\alpha=30°$。

根据相带顺序列出各相所属槽号如表5-3。

表5-3　定子槽分配表

相　序	U1	W2	V1	U2	W1	V2
N1　S1	1、2	3、4	5、6	7、8	9、10	11、12
N2　S2	13、14	15、16	17、18	19、20	21、22	23、24

该电动机需12只绕组，每相4只，并且在接线时每相绕组按尾尾相连、头头相连的原则进行接线，其U相绕组展开如图5-8所示。三相绕组展开图如图5-9所示。

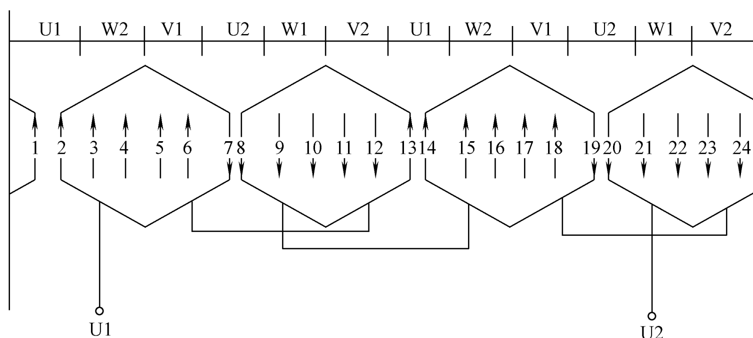


图5-8　U相绕组展开

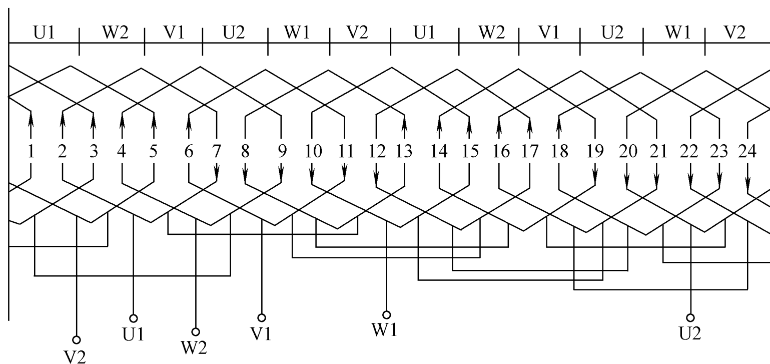


图5-9　三相绕组展开图



（6）嵌线工艺要求及操作方法

1）工艺要求。嵌线时，应将所有线圈引出线从定子的出线孔一侧引出，以防止各线圈之间发生错乱。还应以出线盒为基准来确定第一槽位置。嵌线前先用右手将要嵌的线圈一条边捏扁，然后再放到槽口的绝缘中间，左手捏住线圈朝里插入槽内。为了防止导线被槽口擦伤，可在槽口衬两张薄膜绝缘纸，待导线进槽后，将薄膜纸取掉。导线进槽应按线圈的绕线顺序，不要使导线交叉错乱，且槽内部分必须整齐平行，防止导线表面绝缘擦伤。

嵌线时，注意校正槽内绝缘，防止绝缘偏移到一侧，防止露出的铁心与导线相碰，造成绕组接地故障。

嵌好一个线圈的边后，应将另一条线圈边暂时吊起来，并在其下面垫一张纸，将线圈与铁壳隔开，以免铁壳擦伤导线的绝缘层。一个绕组嵌完后，再依次嵌入另一个绕组，直到嵌完为止。

2）操作方法。先将两个线圈隔槽放置，这两个线圈称为起把线圈。当嵌绕组的另一边时，称为覆槽。嵌线前，将绕组分成三等份放好，依次为 U、W、V 三相。再按以下顺序嵌放。

按照展开图所示，选好第一槽位置，隔一槽嵌线。嵌 U 相一只绕组的一条有效边，另一边暂时不嵌，称为嵌 U1 槽。

再在第三槽嵌 W 相绕组的一条边，另一边暂时不嵌，称为嵌 W3 槽。

在第五槽嵌 V 相绕组的一条边，将另一边覆入 24 槽，称为嵌 V5 槽，覆 24 槽。

接着按以下顺序进行嵌覆：嵌 U7 槽—覆入 2 槽，嵌 W9 槽—覆入 4 槽，嵌 V11 槽—覆入 6 槽，嵌 U13 槽—覆入 8 槽，嵌 W15—覆入 10 槽，嵌 V17 槽—覆入 12 槽，嵌 U19 槽—覆入 14 槽，嵌 W21 槽—覆入 16 槽，嵌 V23 槽—覆 18 槽，最后将两只起把线圈的另一条有效边分别进行覆槽，将 U1 绕组覆入 20 槽，W3 绕组覆入 22 槽，整个嵌线完毕。

嵌线时必须注意两点：一是绕组端部引线应放在一侧；二是在嵌线过程中应放置相绝缘。

（7）封槽口

1）操作方法。封槽口是用槽楔打入封住槽口，防止槽内导线和绝缘松动。封口前，先将高于槽口的绝缘材料齐槽口剪平，用压线板将槽内线圈压实，穿入盖槽纸，再打入槽楔。

2）工艺要求。槽楔一般用竹片或玻璃层布制成，若自制竹质槽楔，必须进行干燥处理并用变压器油煮透，以达到绝缘等级。槽楔的长度应比槽绝缘短 2 ~

3mm，其端部呈梯形，厚为3mm左右，两端的棱角应去掉，为绝缘层的一面应光滑，以免插入时损伤槽绝缘。

盖槽纸的尺寸应适当，不可过宽，也不可过窄，其标准尺寸如图5-10所示。

（8）端部整形

端部整形前，应安放相间绝缘，以确保三相绕组之间的相互绝缘。一般在极相线之间放一层隔相青壳纸。青壳纸的厚度为0.25mm，其形状、尺寸根据线圈端部的形状和大小而定，一般单层绕组隔相纸的形状为半圆形的一半，如图5-11所示。

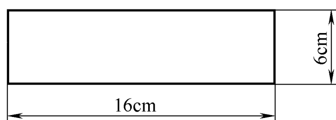
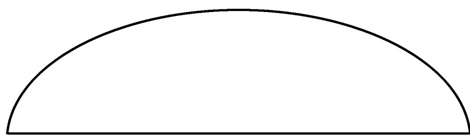


图5-10　盖槽纸的尺寸


图5-11　端部整形示意图

进行端部整形时，先拆除绑扎线圈的布带，用橡皮锤将端部向外敲打，使之成为喇叭状，且喇叭口要均匀，不得妨碍转子的安装。

注意：在整形过程中应仔细小心，防止因敲击而导致绝缘破裂或位移。

（9）接线

极相绕组之间的连接如图5-12所示。连接时，先将极相绕组的引出线整理好，并进行初步定位，然后根据导线的形状和规格进行连接。

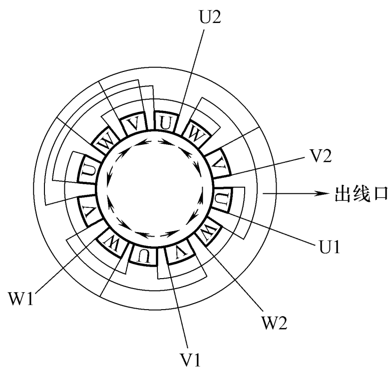


图5-12　极相绕组之间的连接示意图

若导线的线径较细，可采用绞合法连接，如图5-13所示，将线头直接绞合。如果导线较粗，可采用机线连接，如图5-14所示。如果导线为扁线，可采用并头

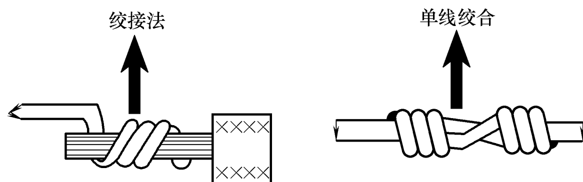


图5-13　绞合法连接



套的连接方法，如图 5-15 所示。并头套应采用厚度为 1mm 左右铜片制成。

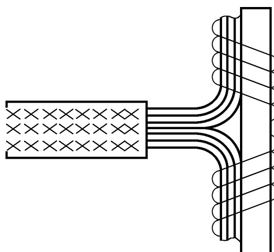


图 5-14　机线连接

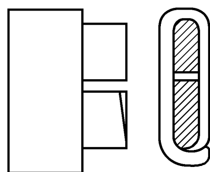


图 5-15　并头套的连接方法

中、小型电动机一般采用线头直接绞合连接。

线头接好后还应进行焊接。焊接的方法有焊锡和气焊两种。中、小型电动机导线较细，一般采用焊锡焊接；大型电动机导线较粗，一般采用气焊焊接。

（10）装机检查

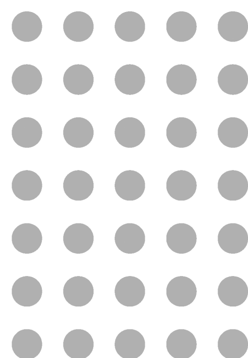
电动机装机后应进行检查，检查内容有机械检查和电气性能检查两个方面：

1）机械检查。机械检查主要检查机械部分的装配质量。即所有固定螺钉是否拧紧；用手转动出轴，观察转子转动是否灵活，有无松旷、扫膛现象等。

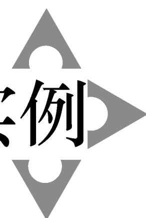
2）电气性能检查。用绝缘电阻表测量三相绕组每相对地的绝缘电阻和相间绝缘电阻，其阻值应大于 0. 5MΩ。

接好保护接地线，接通电源，用钳形电流表测量电动机的空载电流是否符合允许值（空载电流一般为额定电流的 20% ~50%）。

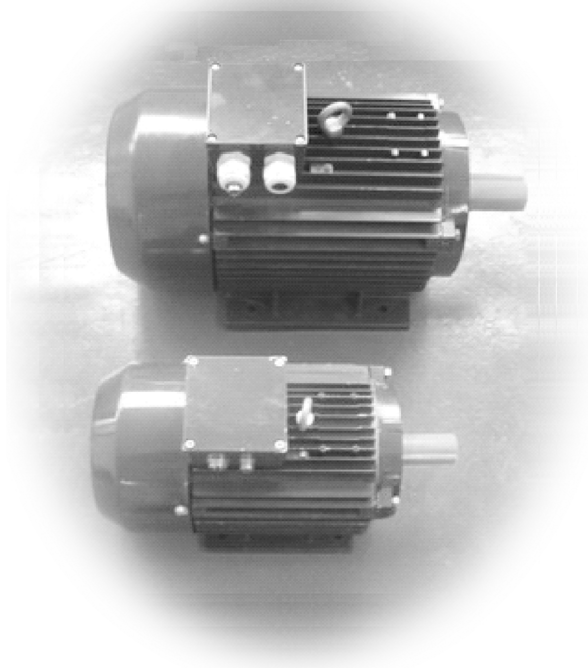
使电动机运转一段时间，检查电动机温升是否正常，有无异常响声。

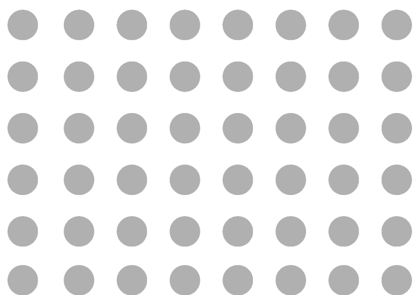


第6篇



电动机维修实例







第1章　三相电动机

【问答1】一台三相异步电动机通电后不能正常起动，怎样检修？

三相异步电动机不能正常起动的故障现象有多种，其故障原因及检修方法如下：

1. 通电后，电动机不能起动，也无异常反应

（1）故障原因

1）接线错误，将三角形联结接成星形联结，或将星形联结接成三角形联结；

2）电源线过长过细，导致起动时施加于电动机的电源电压太低；

3）供电电源的线路本身电压过低。

（2）检修方法

1）改正绕组接线，使接线方法符合规定；

2）更换供电电线，使电线的截面积达到要求，并尽量缩短供电电源线的长度；

3）提高供电变压器低压侧的输出电压。

2. 接通电源后，电动机不能起动，并发出“嗡嗡”声

（1）故障原因

1）三相电源有一相没有接通；

2）被拖动的负载机械，因故障卡住；

3）定子绕组引出线始末端接错或绕组内部连接线接错；

4）定子绕组或转子绕组有一相断路；

5）对于改极的电动机，其定子与转子槽数配合不当。

（2）检修方法

1）对电源线、开关、电动机引出线、开关的各对触点进行排查，找出故障点并进行修理。

2）找出被拖动机械被卡住的原因，并加以排除。

3）改正接线，确认定子绕组引出线及内部接线完全正确。

4）用万用表或绝缘电阻表检测找出定子、转子绕组的断路点，并进行修复。

5）修整转子或选择适宜的定子绕组跨距，使定、转子槽数配合适当。

3. 电动机起动困难，有时能起动，但带载后转速达不到额定值

（1）故障原因

1）传动机械被卡住或负载机械与电动机不配套；

2）外部电路或定子绕组中有一相断路；

3）定子绕组或转子绕组中存在短路；

4）定子绕组的始末端接错；

5）笼型转子断路或脱焊；

6）绕线转子接线松脱；

7）电动机轴承损坏；

8）过载保护设备选用和调整不当。

（2）检修方法

1）查明传动机械被卡住原因，并排除。核对电动机与配套机械的功率和转速，选用合适的电动机；

2）用万用表或绝缘表检测定子绕组和外部电路，查出断路点，并进行修复；

3）检查定子和转子绕组的短路处，根据情况进行局部修理或拆换整个绕组；

4）拆开电动机端盖，用直流电压法对绕组各相进行检测，找出故障后，再按正确方法重新接线；

5）查找断路处或脱焊点，进行补焊或更换新转子；

6）采用目测法或测量电阻法，查找脱焊点并进行补焊处理；

7）更换同型号轴承；

8）适当调高过载保护器的整定值；若过载保护器连续动作，则应考虑减少负载或更换功率较大的电动机。

4. 起动时电动机温度异常升高或冒烟

（1）故障原因

1）电源电压过低（低于正常值10%）；

2）电源电压过高（高于正常值10%）；



3）操作不当，起动过于频繁，过大的起动电流使绕组产生高温；

4）定子绕组存在局部短路或接地；

5）笼型转子断路；

6）绕线转子绕组接线松脱；

7）转轴弯曲；

8）轴承损坏；

9）电动机工作环境温度过高或风扇损坏；

10）电动机受潮，或浸漆后烘干处理不够。

（2）检修方法

1）适当调高电源变压器的输出电压，或更换较粗的电源线，使电压恢复正常后再使用。

2）调低电源变压器的输出电压以适当降低供电电压。

3）减少起动次数，若因负载设备需要，则应更换适应频繁起动的电动机。

4）用短路侦察仪找出绕组的短路或接地点，进行修理。

5）将电动机接到较低的电压（约为额定电压的 20%）的三相交流电源上，同时测其定子电流，如果转子存在断条故障，则随着转子位置的不同其定子电流也会发生相应的变化。这样就可找到断条的位置，然后进行补焊或更换新转子。

6）用万用表对转子线圈进行电阻检测，找出松脱的接线，并进行焊接即可。

7）拆下转轴进行校正，或更换新转轴。

8）更换新轴承。

9）对电动机工作场地附近的热源采取隔离措施；若风扇损坏则应进行检修或更换。

10）检测绕组的受潮情况，进行烘干处理。

5. 电动机一起动，刀开关的熔体即熔断

（1）故障原因

1）电源断相或电动机引线、开关松脱；

2）起动控制开关至电动机之间的连接线短路；

3）电动机定子绕组存在接地或短路；

4）绕线转子电动机所接的起动电阻太小或已被短路；

5）电动机功率过小或负载机械被卡住；

6）选用的熔体截面积太小或已受损。

（2）检修方法

1）对电动机的电源线、电动机引出线、熔断器和开关进行仔细检查，找出断路点，并进行修复。

2）用万用表对起动控制开关至电动机连线的绝缘进行检测，找出短路点并重新进行包扎，消除短路故障。

3）用绝缘电阻表、万用表或短路侦察仪对定子绕组进行检测，找出故障点并进行检修，排除短路或接地故障。

4）对绕线转子电动机的起动电阻进行核对，若阻值过小则应增大电阻并消除短路；

5）检查负载机械有无被卡住现象；若有，应进行排除。必要时，应降低电动机负载或增大电动机功率；

6）合理选择熔体，其规格的选用应以能对短路和过载起保护作用为适当。

检修提示：电动机熔断器被氧化、腐蚀或熔断，均应及时更换。熔断器已达到规定的分断极限电流次数，即使没有明显损坏，也应更换。但在更换时，应注意熔体的种类、规格、电流值和电压值，不能混用。

电动机电路使用的铜熔体选择如表6-1所示，青铜熔丝选择如表6-2所示。熔断器熔管与熔体选择如表6-3所示。

表6-1　铜熔体选择表

直径/mm	0.23	0.25	0.27	0.29	0.32	0.35	0.38	0.42	0.46	0.51	0.56	0.61
额定电流/A	4.70	5.00	5.50	6.10	6.91	8.00	9.21	11.00	12.50	15	17.00	20.00
熔断电流/A	9.40	10.00	11	12.20	13.8	16	18.4	22	25.00	29.5	34.00	39.00
直径/mm	0.70	0.80	0.91	1.00	1.13	1.37	1.60	1.76	2.00	2.24	2.51	2.73
额定电流/A	25.00	29.00	37.00	44.00	52.00	63.0	80	95.00	120.00	140	170	200
熔断电流/A	50.00	58.00	74.00	88.00	104.0	125	160	190	240	280	340	400

表6-2　青铜熔丝选择

直径/mm	0.08	0.15	0.20	0.22	0.25	0.28	0.29	0.32	0.35	0.36	0.42	0.46
额定电流/A	0.25	0.50	0.75	0.80	0.90	1.0	1.05	1.10	1.25	1.35	1.50	1.85
熔断电流/A	0.5	1.00	1.5.0	1.60	1.80	2.0	2.10	2.20	2.50	2.71	3.00	3.70
直径/mm	0.98	1.02	1.24	1.51	1.67	1.75	1.98	2.4	2.78	2.95	3.14	3.81
额定电流/A	5.0	6.0	7.50	10.0	11.0	12.0	15.0	20.0	25.0	27.5	30.0	40.0
熔断电流/A	10.0	12	15.0	20.0	22.0	24.0	30.0	40.0	50.0	55	60.0	80.0
直径/mm	0.52	0.54	0.6	0.71	0.81	4.12	4.44	4.91	5.24			
额定电流/A	2.0	2.25	2.5	3.1	3.75	45.0	50.0	60.0	70.0			
熔断电流/A	4.0	4.51	5.0	6.1	7.0	90.0	100	120	140			

表 6-3　熔断器熔管与熔体选择

型号	熔体额定电流(熔断器熔管额定电流)/A					
RM7	6、10、15(15)	15、20、25、30、40、50、60(60)	60、80、100(100)	100、120、150、200(200)	200、225、260、300、350(350)	200、250、300、350、400(400)	400、450、500、550、600(600)
RM10	6、10、15(15)	15、20、25、35、45、60(60)	60、80、100(100)	100、125、160、200(200)	250、300、350、400(400)	350、430、500、600(600)	
RT0	5、10、15、20、30、40、50(50)	30、40、50、60、80、100(100)	80、120、150、200(200)	200、250、300、350、400(400)	450、500、550、600(600)		
RT10	6、10、15、20(20)	20、25、30(30)	30、40、50、60(60)	60、80、100(100)			
RT11	60、80、100(100)	100、120、150、200(200)	200、250、300(300)	300、350、400(400)			
RC1A	2、5(5)	2、4、6、10(10)	6、10、15(15)	20、25、30(30)	40、50、60(60)	80、100(100)	120、150、200(200)
RL1	2、4、6、10、15(15)	20、25、30、35、40、50、60(60)	60、80、100(100)	100、125、150、200(200)			

【问答 2】一台三相异步电动机绝缘电阻过低，怎样检修？

三相异步电动机绝缘电阻是否过低，可用绝缘电阻表进行检测，正常时其相对地电阻或相间绝缘电阻应大于 0.5MΩ，若低于此值，则说明绝缘电阻过低。

1. 造成绝缘电阻过低的原因

1）电动机进水，或长期放置于潮湿的地方，使绕组受潮；

2）电动机绕组上有灰尘、油污等杂质，使绕组受潮；

3）绕组引出线的绝缘老化；

4）绕组接线板损坏；

5）绕组整体老化。

2. 检修方法

三相异步电动机绝缘电阻过低，可采用以下方法进行检修：

1）拆开电动机，对定子绕组和转子绕组进行烘干处理；

2）扫除电动机绕组上的灰尘，用汽油清洗绕组表面油污，再刷上绝缘漆烘干；

3）对绕组引出线重新包扎绝缘层；

4）更换新的接线板；

5）拆出绕组进行重绕。对于容量较小的电动机，可以对绕组重新浸漆、烘干继续使用。

【问答3】一台三相异步电动机工作时外壳带电，怎样检修？

电动机外壳带电是一种漏电现象，其故障原因及检修方法如下：

1. 故障原因

1）电动机引出线的绝缘老化破损；

2）接线盒内的绝缘接线板击穿破损；

3）定子绕组或转子绕组内部接地；

4）定子绕组的端部碰机壳；

5）电源线与接地线搞错；

6）电动机受潮。

2. 检修方法

三相异步电动机外壳带电，可按以下方法进行检修：

1）对电动机引出线的绝缘破损处进行绝缘包扎；

2）更换绝缘接线板；

3）用绝缘电阻表、试灯查找出绕组接地点，然后进行修复。若接地点发生在铁心槽口处，可用插入绝缘纸将其隔断即可；

4）对定子绕组端部重新整理，并做好绝缘处理；

5）检查接线，并纠正错接的线。

6）对电动机进行烘干、驱潮处理。

检修提示：对于一般电动机外壳带电的检查，可用绝缘电阻表测量电动机绕组对机座的绝缘电阻，若测得绝缘电阻在0.5MΩ以上，则说明电动机绝缘正常，可继续使用；若测得绝缘电阻在0～0.2MΩ之间，则说明电动机受潮；若测得绝缘电阻为0，则说明电动机绕组碰壳，不能继续使用。

【问答4】一台三相异步电动机运行时空载电流偏大，怎样检修？

三相异步电动机空载电流偏大，是指电动机在运行时，空载电流虽然平衡，



但数值偏大，其故障原因及检修方法如下：

1. 故障原因

1）电动机的电源电压过高，超过最高允许值；

2）绕组联结错误，将定子绕组星形（Y）联结误接为三角形（△）联结，或者将串联绕组错接成并联；

3）电动机的定子、转子铁心轴向错误，致使铁心有效长度减少；

4）定子绕组每相串联匝数不够或线圈节距嵌错；

5）大修拆除旧绕组时，使用热拆法不当，使铁心烧损；

6）气隙过大或不均匀。

2. 检修方法

1）适当降低电源变压器输出电压，使输入电动机的电压尽可能接近额定值；

2）按电动机铭牌改正接线，若为绕组内部的接线错误，则按绕组展开图或接线原理图重新接线；

3）拆开电动机将定、转子铁心压到正确位置，并用电焊点焊止动；

4）拆除绕组重新绕制嵌线；

5）拆除绕组，修整铁心重新嵌线；

6）检修铁心，重新嵌线。

检修提示：一般中、小型三相异步电动机的空载电流，在铭牌上都有技术数据标示，对于无此技术数据标示的电动机，其空载电流可按如表 6-4 所示数据进行估算。

表 6-4　中、小型三相异步电动机空载电流与额定电流百分比

级别 \ 容量/kW	0.125	0.125～0.5	0.55～2	2.2～10	11～50
2	75～98	45～70	40～60	30～45	25～35
4	80～95	60～85	45～65	35～60	25～40
6	85～98	70～90	50～75	35～65	30～40
8	90～98	75～95	50～75	40～75	35～50

【问答 5】一台三相异步电动机三相电流不平衡，怎样检修？

三相异步电动机在额定电压下的三相空载电流应基本平衡，任何一相与平均

值的偏差不得大于10%，发生三相电流不平衡的故障原因及检修方法如下：

1. 故障原因

1）电网的三相电压不平衡；

2）电动机绕组匝间短路；

3）电动机绕组断路（或绕组并联支路中有一条或几条支路断路）；

4）重绕时，定子三相匝数不相等；

5）重绕时，绕组首尾端接错；

6）定子绕组内部分线圈接反。

2. 检修方法

1）用电压表测量三相电源电压是否平衡，若不平衡，则应找出原因，并予以排除后再使用电动机；

2）观察绕组端部有无烧焦、变色的痕迹，若有，则可能是短路点，也可以用短路侦察仪对绕组进行检测。查出短路点，并采用插入绝缘的方法进行排除。

3）用万用表或电桥测量三相绕组电阻，正常时三相绕组的最大差值应小于三相平均值的3%，若某一相绕组阻值相差太大，则说明该相绕组有断路故障，应进行修复。

4）先将各相绕组首、尾端串联通电，并用电压表分段测量电压降。首先测量每相电压是否相等，找出不正常的一相后，再测量不正常一相的各极相组电压是否相等，最好测量不正常极相组内各线圈电压是否相等，直至找到匝数有错误的线圈，并进行修理。

5）对于绕组首、尾端接错的电动机，应拆除绕组进行重新接线。

6）对于绕组内部分线圈接反的故障，也只有拆除绕组重绕。

【问答6】一台三相异步电动机工作时温升过高，怎样检修？

电动机在使电能转换为机械的能量转换中，不可避免地会产生铁心损耗、绕组铜（铝）损耗和机械损耗等。各种损耗最后均转换为热而使电动机温度升高。因此，在电动机技术指标中有一个温升值。超过这个温升值，则为温升过高故障。其故障原因及检修方法如下：

1. 故障原因

1）电源电压过低，使电动机转速变慢而导致发热；

2）电动机过载或负载机械润滑不良，阻力过大而使电动机发热；



3）电源电压过高，使电动机定子铁心磁通密度过高而导致电动机发热；

4）电动机过载或频繁起动；

5）定子绕组局部接地；

6）笼型转子断条或绕线转子接线松脱，转子发热而引起电动机温升过高；

7）使用环境温度过高，通风不良而使电动机温升过高；

8）重绕后的定子绕组浸漆不充分；

9）电动机风扇损坏，散热不良。

2. 检修方法

1）用电压表测量电动机负载及空载电压，若负载时电压降过大，则可能电源线太长太细，应换用较粗的电源线，若空载电压过低，则可能是电源变压器输出电压过低所致，调整变压器输出电压即可。

2）减轻电动机负载，给负载机械加润滑脂，减少阻力，或换用较大功率的电动机。

3）调整供电变压器的分级接头，使供电电压达到规定标准。

4）适当减少电动机的起动和正、反转次数，若确因生产作业需要，应换用适应频繁起动和正、反转工作性能的电动机。

5）用万用表、短路侦察仪、绝缘电阻表查找定子绕组的短路、接地点，并进行局部修复或更换绕组。

6）对于笼型转子断条故障，可采用侦察仪结合铁片、铁粉检查，找出断条位置后作局部修理或更换新转子。对于绕线转子断线故障，可用万用表检测，找出断点后进行焊接即可。

7）改善电动机使用环境，避免热源及阳光直射。清理电动机的通风道，使电动机散热良好。

8）若绕组浸漆不够，可重新进行浸漆处理。

9）检查电动机内风扇是否损坏或装反，如有应进行检修，重新安装。

检修提示：电动机的允许温度决定于所使用的绝缘材料。目前，我国采用的绝缘材料有 A、E、B、F、H 五个等级。当环境温度不超过 40℃，海拔不超过 1000m 时，电动机的最大允许温度和最大允许温升如表 6-5。

表 6-5　电动机最大允许温度和最大允许温升

绝缘等级	最大允许温升/℃	最大允许温度/℃	绝缘等级	最大允许温升/℃	最大允许温度/℃
A	60	100	F	100	145
E	75	115	H	125	165
B	80	125			

【问答7】一台三相异步电动机运行时发出异常噪声，怎样检修？

三相异步电动机运行时发出异常噪声，有电气方面的故障，也有机械方面的故障，其故障原因及检修方法如下：

1. 故障原因

1）电源电压过高或不平衡；

2）定子绕组内部连接错误、局部短路、或在三角形联结或多路星形联结时，每相绕组中串联匝数不同等，引起三相电流不平衡而产生噪声；

3）定、转子铁心松动，或装配过紧；

4）定、转子铁心槽配合当；

5）轴承缺油或损坏；

6）转子与定子绝缘纸或槽楔相擦；

7）风道堵塞或风扇叶与罩壳相碰擦。

2. 检修方法

1）检查电源电压，并进行调整，使电源三相电压符合要求；

2）用短侦察仪或万用表检查电动机绕组找出故障点，然后采取改正接线、局部修理或重绕线圈等方式进行处理；

3）若定、转子轻微松动，将定子加浸绝缘漆烘干，严重过紧或松动，应拆除绕组，再将定、转子铁心重新压紧；

4）适当车小转子铁心外圆，调整定子绕组的跨距，或更换新转子；

5）拆下轴承清洗，并加适量润滑脂。若轴承严重磨损，则应更换新轴承；

6）修剪绝缘，削低槽楔，若槽楔已松动，则应更换新槽楔；

7）清理电动机风道，检查冷却风扇。若风叶松动、变形、损坏，则应重新安装。

检修提示：电动机正常运行时，仅有轻微的电磁声和细小的机械噪声。当电动机发出异常噪声时，首先应判断是机械故障引起的噪声，还是电气故障引起的噪声。然后再通过拆修或利用仪表进行检测，这样就可以快速判断故障点。常见的故障表现如下：

（1）因机械故障引起异常噪声的表现

1）“咝咝”声是金属摩擦声，一般是轴承缺油干摩擦造成的。

2）“嘎吱嘎吱”声是轴承内滚珠的不规则运动产生的，一般是轴承的间隙



过大，润滑脂充注过少或过多。

3）“唧哩唧哩”声是轴承运转时其滚珠与流珠相互产生的，一般是润滑脂不足所致。

4）“咚咚”声是一种机械撞击声，一般是传动机构的联轴器或链轮与轴之间的键或键槽磨损，产生松动所致。

5）周期性的“啪啪”声是传动带过松或接头处不平滑所致。

6）有规律的“嚓嚓”声是电动机发生扫膛故障，一般是转子弯曲变形所致。

（2）因电气故障引起异常噪声的表现

1）“嘶嘶”声是一种放电声，一般是定子绕组接线存在轻微的接触不良所致。

2）粗大“嗡嗡”声是电流不平衡所致。

3）“呐呐”声是定子端部铁心钢片张开，发出的金属抖动声。

4）“呱呱”声是铁心内部有气隙或松动所致。

【问答8】一台三相异步电动机运行时振动较大，怎样检修？

三相异步电动机在工作时会有轻微的振动，但如果振动过大，则说明电动机安装不良或电动机本身发生了故障。其故障原因及检修方法如下：

1. 故障原因

1）电动机安装基础不平整或固定不牢靠。

2）电动机的传动轮或联轴器不平衡。

3）转轴的轴头弯曲。

4）转子不平衡（转子上配重螺母脱落，使重心不在转子轴上）。

5）电动机风扇不平衡。

6）被拖动的作业机械失去动态平衡。

7）轴承磨损使一侧间隙过大，造成定子、转子气隙不均匀，运行时转子被单边磁拉力拉向一侧，使转子与定子相擦而产生异常振动。

8）定子绕组连接错误或局部短路，使三相电流不平衡而引起振动。

9）绕线转子绕组短路而引起振动。

10）转轴轴承挡圈、端盖轴承室不规则影响定子、转子之间的同轴度，从而造成运行时振动。

2. 检修方法

1）用水平仪找出安装基础的不平衡点，重新将机座垫平并固定牢靠。

2）重新校验传动轮或联轴器的静平衡。

3）调校转轴，若联轴器偏心，可进行车削镶套。

4）重新校正转子的动平衡或静平衡。

5）拆下电动机风扇，重校静平衡。

6）校正动平衡。

7）适当调整电动机的定子、转子间隙，更换端盖或轴承等。

8）用万用表或短路侦察仪检测出定子绕组错接或局部短路故障点，进行重新接线、修复。若绕组短路严重，则应更换整个定子绕组。

9）修理转子绕组。

10）对转轴轴承挡圈、端盖轴承室进行加工、修整，以确保定、转子之间的同轴度处于正常状况。

【问答9】一台三相异步电动机在运行中轴承严重发热，怎样检修？

电动机在运行严重发热，一般是电动机的传动机构有故障或轴承本身装配、润滑不良。其故障原因及检修方法如下：

1. 故障原因

1）电动机与传动机构的连接偏心；

2）传动带过紧或过松；

3）电动机两侧端盖或轴承盖未装平，或轴承盖内侧偏心；

4）电动机轴承与转轴配合过松或过紧；

5）轴承盖油封过紧；

6）轴承磨损或轴承内进入异物；

7）轴承润滑脂过少或过多；

8）轴承润滑脂选用不正确。

2. 检修方法

1）调整电动机与传动机构安装位置，对好中心线；

2）对使用传动带传动装置的电动机，应调整传动带的张紧度，使传动带松、紧合适；

3）将电动机两侧端盖或轴承盖打入止口，并用螺钉紧固到位；



4）若轴承与转轴配合过松，可在转轴上镶套，若配合过紧，可将转轴放到车床上将轴承位置加工到合适的尺寸；

5）取出旧油封，重新装入合适的新油封；

6）拆下轴承清洗，若轴承磨损严重，则应更换新轴承；

7）检查轴承润滑脂是否干涸或过少，若过少应进行充填，最好将轴承清洗后再充填新的润滑脂；

8）清洗轴承，根据电动机的使用场合，加注合格的润滑脂。

【问答 10】三相绕线转子异步电动机集电环火花过大，怎样检修？

三相绕线转子异步电动机集电环火花过大，说明集电环或电刷有故障，其故障原因及检修方法如下：

1. 故障原因

1）集电环表面锈蚀或有污物使光洁度低，与电刷接触不良而产生火花；

2）电刷的压力太小，使电刷与集电环接触不完全；

3）电刷在刷握内被卡，造成电刷与集电环接触不良；

4）集电环磨成椭圆形或相对于轴颈偏心，使集电环与电刷接触不良而产生火花；

5）电动机使用的电刷型号不对，使电刷与集电环接触面太小而产生火花。

2. 检修方法

1）用细砂纸打磨集电环上的锈蚀，然后用干净的布蘸汽油将集电环擦拭干净，使集电环光亮洁净；

2）根据电动机使用说明书的要求，调整电刷压力，使电刷贴紧集电环的压力适当；

3）对电刷进行校正或将电刷适当磨小再安装，使电刷在刷握内能上下自由移动又不偏摆松动；

4）拆下集电环，放到车床上车圆后再使用；

5）对电刷的型号进行核对，若与电动机技术参数要求不相符，则应换用与电动机技术要求相符型号的电刷。但要注意，整套电刷应同时更换。

检修提示：绕线转子电动机的电刷损坏后，应尽量选用原型号电刷。找不到原型号电刷时，也可以选用电刷中的软铜线与原旧线的规格相同的电刷代换，几种常用的电刷软铜线的规格如表 6-6。

表 6-6　常用电刷软铜线的规格

电流/A	导线截面/mm^2	直径/mm	股数和每股直径/mm
6	0.30	1.0	7×22×ϕ0.05
8	0.50	1.41	12×22×ϕ0.05
10	0.75	1.51	7×20×ϕ0.08
13	0	1.70	7×30×ϕ0.08
17	1.51	2.30	7×42×ϕ0.08
24	2.50	2.60	12×26×ϕ0.1
30	4.00	4.00	7×42×ϕ0.13
38	6.00	5.40	7×62×ϕ0.13
50	10.0	6.71	12×62×ϕ0.13

【问答11】一台三相异步电动机定子、转子铁心损坏，怎样检修？

电动机的定子、转子铁心都是由相互绝缘的硅钢片叠压而成，是电动机的磁路部分。定子、转子铁心损坏主要表现为铁心变形、铁心表面受损、铁心槽烧坏、铁心锈蚀、铁心与机座松动等。其故障原因及检修方法如下：

1. 故障原因

1）电动机铁心与机座的定位螺钉松动，使两者结合不良；

2）绕组存在接地故障产生热烧毁铁心槽或齿部；

3）电动机受潮造成铁心表面锈蚀；

4）维修时拆卸旧绕组用力过大，导致铁心齿槽受损；

5）轴承过度磨损间隙过大，造成定子、转子相擦，使铁心表面受损，严重时会造成硅钢片间短路。

2. 检修方法

1）检查铁心与机座间的固定螺钉，若已松动，将其拧紧即可，若螺钉失效，定位孔滑丝，可在机座上重钻定位孔，再旋紧定位螺钉，使铁心与机座间结合良好。

2）检查铁心槽部及齿部有无烧结物，若有，可用凿子或刮刀剔除熔积物，并涂上绝缘漆，烘干后再使用。

3）用细砂纸将铁心表面的锈蚀打磨干净，进行清洁处理后，再涂上绝缘漆。



4）检查铁心齿槽有无损伤，若有，可用尖嘴钳、木槌等进行修整，使齿槽复位。对于向外张开不能完全复位的缝隙，可在缝隙的硅钢片间加入绝缘材料，如胶木板、青壳纸等。

5）检查铁心表面是否有擦伤，若有，在查明原因后，锉刀对已擦伤而形成的毛刺进行修整、清理，并涂上绝缘漆，加热烘干后再使用。

【问答 12】一台三相异步电动机在运行中轴承损坏，怎样检修？

在电动机中，轴承起支撑转轴转动的作用，既是传动部件又是负荷最重的部件。因此，轴承容易产生磨损、内外圈破碎的故障。其常见故障原因及检修方法如下：

1. 故障原因

1）检修或安装轴承时操作不规范，使轴承内混入沙土、杂物，运行时产生摩擦，造成轴承损坏；

2）轴承钢圈破裂、滚珠磨损变形，导致轴承不能正常转动；

3）因进入水分，使轴承外表面生成一层锈斑；

4）轴承使用时间长，严重磨损；

5）没有加注润滑脂，造成干摩擦。

2. 检修方法

对于轴承是否损坏，可采用听运转声音进行判断，也可以拆卸直接检查。

1）当电动机运转时，如果轴承部位发出轻度的摩擦声，则可能是轴承内混入杂质、应拆卸轴承，进行清洗，更换润滑脂后再使用。

2）当电动机运转时，如果轴承部位发出不连续的“咯咯”声，则可能是轴承钢圈破裂，应更换新轴承。

3）拆卸轴承，若外表面锈蚀，可用细砂布除去其的锈斑，然后放入汽油中清洗干净，在内外圈无裂纹、无破损时，再加润滑油即可重新使用。

4）拆下轴承，用一只手捏住轴承内圈，并将轴承摆平，另一只手用力转动外钢圈，正常时外钢圈应转动平稳，无明显的卡滞现象，停转后外钢圈没有倒退现象。否则说明该轴承已不能再使用了，应更换新轴承。

5）及时加注润滑脂，防止轴承干摩擦。

检修提示：在更换新轴承时，应选用与原来型号相同的轴承，且润滑脂的加注量必须合适。

【问答13】一台三相异步电动机转轴损坏，怎样检修？

转轴是电动机的主要部件之一，若损坏，则电动机不能正常转动。转轴的常见故障及检修方法如下：

1. 故障原因

1）因修理时拆装操作不当，使转曲弯曲；

2）转轴裂纹断裂；

3）转轴轴颈磨损。

2. 检修方法

1）检测转曲的弯曲程度，并进行修复。若转轴弯曲不大（在0.2mm之内），可通过磨光轴颈、集电环的方法进行修复；若弯曲超过0.2mm，可拆下转轴放到压力机下，对弯曲处加压矫正，再搬到车床上切削抛光；若弯曲过大，则不能修复，应更换新转轴。

2）拆下转轴进行清洗后，仔细对转轴进行直观检查，根据转轴的损坏程度，采用相应的方法修复。若转轴的裂纹为横向裂纹，且深度不超过轴直径15%；若转轴的裂纹为纵向裂纹，且裂纹不超过轴长的10%，可采用堆焊法进行修理，堆焊后再放到车床上精车致所需尺寸，即可使用。若转轴的裂纹过长、过深，则不能焊修，只有更换新轴。

3）对于转轴轴颈磨损，可根据其磨损的程度，采用以下三种方法进行修复：

若轴颈轻度磨损，可在轴颈上镀一层铬，再磨削至所需尺寸；

若轴颈磨损较多，可先在轴颈上进行堆焊，然后再放到车床上车削、抛光；

若轴颈磨损过大，可先将轴颈车削2～3mm，再车一套筒，趁热套在轴颈上，然后将套筒的外径车削至合适的尺寸，即可装上使用。

【问答14】一台三相4极电动机经重绕修理后，电动机不能起动运转且声音发闷、振动强烈，怎样检修？

由于是绕组重绕后出现的故障，可能是前维修人员在连接电动机引出线时，将绕组引出线的首、尾接错所致。

检修时，首先应对绕组引出线是否接错进行判断，若接错，将绕组的首、尾端对调重接后，故障即可排除。



检测电动机绕组引出线首、尾端连接是否正确的方法有两种：

1. 用毫安表进行测试

按照如图 6-1 所示接线观察表针有无摆动现象，正常时，表针应不摆动，若表针摆动，则判断绕组首、尾端接线错误。

2. 用串接灯泡测试

按照如图 6-2 所示接线，将电动机的三相绕组的一相接通低于 36V 的交流电，另外两相串联后接上灯泡，观察灯泡是否点亮，正常时，灯泡应亮，若灯泡不亮，则判断绕组的首、尾端接错，应将两引出线进行对调。

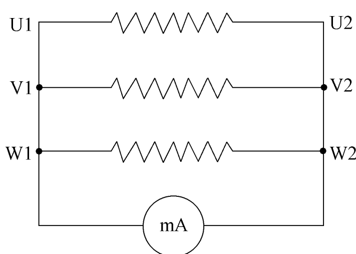


图 6-1　用毫安表测试首、尾端连接是否正确

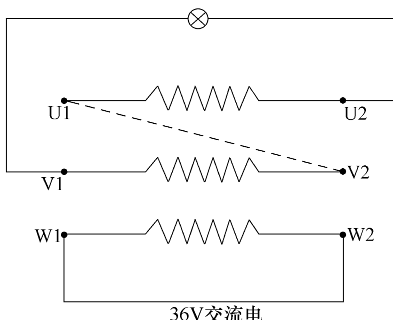


图 6-2　用串接灯泡测试首、尾端连接

【问答 15】一台三相 2 极电动机运行中突然转速变慢，机内发出一股焦煳味，随即停止转动，怎样检修？

此种现象是由于电动机线路或引线连接处虚接、松动，引起接触电阻过大，造成单相运行，最终烧毁绕组，使电动机停转。

检修时，先拆开电动机端盖，观察绕组端部有无烧焦现象，若端部有 1/3 或 1/2 的极相组烧黑或变成深棕色，而其中的一相或两相绕组完好或稍有变色现象，则判断该故障是因电动机单相运行造成的。

电动机绕组烧坏，不能进行局部检修，只能拆除重绕。

【问答 16】三相异步电动机常见的电气故障有哪些？怎样检修？

三相异步电动机常见的电气故障较多，其故障现象、产生原因及检修方法如表6-7。

表6-7　三相异步电动机电气故障及检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
电动机不能起动	1. 电源未接通 2. 绕组断路 3. 绕组接地 4. 绕组相间、匝间短路 5. 绕组接线错误 6. 熔体烧断 7. 过电流继电器整定值太小 8. 控制设备接线错误 9. 绕线转子电动机起动误操作 10. 老式起动开关油杯缺油	1. 检查开关、熔丝及电动机引出线是否接通，可更换熔丝，检修开关触点 2. 对绕组进行局部检修，并进行绝缘处理 3. 查出接地点，进行处理后，再涂上绝缘漆烘干 4. 查出短路点，在短路点垫上绝缘物，再涂上绝缘漆烘干 5. 按照接线图重新接线、绑扎及绝缘处理 6. 查出故障原因进行处理后，按电动机规格配新熔体 7. 将整定值调至合适 8. 改正接线 9. 检查集电环短路装置及起动变阻器位置，进行正确操作 10. 重新加油，使之达到油面线
电动机接上电源后，熔丝便立即熔断	1. 单相起动 2. 定、转子绕组接地短路 3. 熔体选用不当(截面积过小) 4. 电动机过载 5. 被拖动的生产机械有故障 6. 电源线至电动机之间连线短路 7. 绕线转子电动机所接的起动电阻太小或被短路	1. 检查电源线、开关触点、熔断、电动机引线，找出断路点并修复 2. 查故障点，并修复 3. 正确选择熔体，熔体额定电流为堵转电流的2～3倍即可 4. 减少负载，使负载不超过额定值 5. 排除生产机械故障，消除卡住现象 6. 检查短路点，并进行修复 7. 排除短路故障或增大起动电阻
接通电源后，电动机不能起动，但有“嗡嗡”声	1. 电源电压过低 2. 电源没有完全接通 3. 改极重绕后槽配合选择不当 4. 绕组引出线始末端接错或绕组内部接反 5. 定、转子绕组短路 6. 绕组联结方式错误，将三角形接成星形 7. 电动机负载过大或被卡住 8. 小型电动机润滑脂变硬	1. 检查电源变压器输出电压，或与供电部门联系解决 2. 紧固接线柱的螺钉；排除电源线接头假接的故障；更换熔体 3. 选择合理的绕组形式和绕组节距；适当车小转子直径；重新计算绕组参数 4. 检查绕组始末端接线，若不正确应拆除重接 5. 查明短路点，并进行修复 6. 将接线方式改为三角形即可 7. 检查负载机械；排除被卡故障；将负载调为额定值 8. 清洗轴承，更换合适的润滑脂
起动困难，有时能起，但转速达不到额定值	1. 电源电压过低 2. 联结错误，将三角形接成星形 3. 定、转子绕组接错或接反 4. 重绕时绕组匝数过多 5. 笼型转子开焊或断条 6. 绕线转子一相断路 7. 绕线转子电刷或起动变阻器接触不良 8. 电刷与集电环接触不良	1. 用万用表测试电动机输入端电源电压，若过低，再查明原因并排除 2. 改正接线 3. 按照接线图进行检查，并改正接线 4. 按正确匝数重绕 5. 检查确认故障点，并进行修理 6. 用试灯检查，确认断路点并修理 7. 更换电刷，检修变阻器接触部位 8. 修整电刷接触面；调速电刷压力；车削集电环表面，使电刷与集电环接触正常



（续）

故障现象	产 生 原 因	检 修 方 法
电动机空载或负载时，电流表指针不稳、摆动	1. 笼型转子电动机的转子开焊或断条 2. 绕线转子电动机有一相电刷接触不良 3. 绕线转子电动机集电环短路装置接触不良 4. 绕线转子有一相断路	1. 采用变压器或其他方法查出故障，并进行修理 2. 修整集电环表面，调速电刷压力 3. 检修或更换短路装置 4. 用万用表或试灯查出断路处，并进行修复
电动机绝缘电阻低于正常值	1. 电动机被水淹没或绕组受潮 2. 绕组表面粘满油污、灰尘 3. 绕组绝缘老化 4. 接线板损坏，引出线绝缘老化破裂	1. 除去泥沙，进行烘干处理 2. 清除油污、灰尘，并进行浸漆烘干处理 3. 进行清洗、干燥、浸漆处理 4. 包扎引出线，修理或更换出线盒
电动机三相空载电流对称平衡，但电流增大	1. 电源电压过高 2. 电动机装配不当 3. 重绕时绕组匝数不够 4. 连接错误，将星形联结误接成三角形联结 5. 定子与转子之间气隙不均或气隙增大 6. 拆线时，使铁心过热灼损	1. 与供电部门联系，待电源正常后再使用 2. 检查电动机定、转铁心是否对齐，端盖螺栓固定是否匀称，重新装配消除故障 3. 拆除绕组，按图纸进行重绕 4. 将绕组接线改为星形联结 5. 调整气隙，对车削过的转子应进行更换新转子 6. 检修铁心或重新计算绕组进行补偿
电动机空载运行时电流不平衡，三相相差很大	1. 电源电压不平衡 2. 重绕时，三相绕组匝数不一致 3. 绕组首尾端接错 4. 绕组匝间短路或某组线圈接反	1. 查找电源电压不平衡原因，并予以排除 2. 拆除重绕 3. 改正接线 4. 拆开电动机，检查绕组极性，改正接线，排除短路故障
绕组重绕后，使用时间不长，就出现层间绝缘击穿	1. 使用的层间垫条质量差或厚度不够 2. 使用的层间垫条尺寸不合适，或操作不当将垫条垫偏 3. 绕组松动	1. 改用质量好的层间垫条，并适当加厚 2. 下料时尺寸必须正确，并按工艺操作，使垫条正确安放 3. 加槽衬，并对绕组进行浸漆处理
绕组重绕后，使用时间不长，就出现匝间绝缘击穿	1. 选用的匝间绝缘材料质量太差 2. 绕线、嵌线过程中操作不当使匝间绝缘受损 3. 匝间绝缘结构不合理或厚度不够	1. 用浸树脂漆补强或采用“三合一”粉云母带 2. 拆除绕组，检修故障进行重新绝缘处理 3. 按匝间电压大小，正确选择绝缘结构和绝缘厚度
使用时，出现绕组接地故障	1. 电动机长时间过载运行 2. 输电线路雷击过电压击穿绝缘 3. 绕组绝缘层上粉尘较多，使爬电距离缩小产生对地击穿 4. 绕组短路烧焦绝缘，造成接地故障	1. 调整负载或更换容量匹配的电动机 2. 拆除绕组重绕 3. 定期清扫绝缘，对于已击穿的绕组只有更换 4. 拆除已烧焦的绕组，补修后进行绝缘处理
电动机外壳带电	1. 电源线与接地线搞错 2. 引出线与接线盒接地 3. 绕组端部碰触端盖，产生接地 4. 电动机绕组受潮	1. 纠正错误，正确连接 2. 修理接线盒，对引出线进行包扎 3. 在端盖内壁垫上一层绝缘纸，包扎绕组的接地点，并涂绝缘漆 4. 对电动机进行烘干处理

（续）

故障现象	产 生 原 因	检 修 方 法
电动机过热	1. 电源电压过低 2. 电源电压过高，使铁心磁通密度过饱和，导致电动机发热 3. 绕组接线错误 4. 线发烫时，铁心被灼过，使铁损耗增大 5. 绕组重绕后浸漆不完全 6. 通风不良 7. 电动机两相运行 8. 电动机绕组表面粘灰尘和污垢散热不良 9. 电动机频繁起动或正、反转次数过多 10. 电动机进风温度过高 11. 笼型转子断条，绕线转子绕组接线松脱，使转子发热 12. 绕组存在轻微短路或接地使电动机发热 13. 定、转子铁心相擦 14. 被拖动机械被卡住，使电动机过载、发热	1. 提供供电电压，或更换供电线路的导线 2. 与供电部分联系解决 3. 按照绕组的接线图正确接线 4. 对铁心进行试验检查，并进行修理 5. 对绕组采用重新浸漆、烘干处理 6. 检查风扇、校正风叶或更换新风扇 7. 检查熔丝、开关触点，若熔断应进行换新 8. 对绕组表面进行清洁处理，并使电动机通风沟畅通 9. 减少起动次数或换用合适的电动机 10. 隔离电动机附近热源，改善环境温度，采取降温措施 11. 查明原因，进行补焊或紧固 12. 找出故障点，并排除 13. 调直转轴、更换轴承、修复铁心 14. 排除被拖动机械故障，减少阻力，或更换大容量电动机
电动机运行时有异常响声	1. 轴承缺油，润滑不良 2. 轴承磨损 3. 风扇碰壳 4. 改极重绕时，槽配合不当 5. 转子与绝缘纸或槽楔相擦 6. 重绕时每相匝数不相等 7. 定子绕组接线错误 8. 绕组存在轻微短路故障 9. 定、转子间气隙不均匀，使定转子相擦 10. 三相电压不平衡，使电流增大	1. 清洗轴承，加注适量的润滑脂，充注量为轴承室容积的1/2～1/3 2. 检修或更换新轴承 3. 修理风扇及风罩 4. 拆下转子，重新校验定、转子槽配合 5. 剪修绝缘纸和槽楔，避免相擦 6. 拆除绕组重绕，改正匝数 7. 按照检修图重新接线 8. 使用短路侦察仪检测，排除短路故障 9. 拆下转子进行校直，修理 10. 测量电源三相电压，查出不平衡原因并进行处理



第 2 章　单相电动机

【问答 1】一台电容起动式单相电动机通电后不能起动，但有“嗡嗡”声，怎样检修？

单相电容起动式电动机其内部装有离心开关，离心开关由固定部分和旋转部分两部分组成。固定部分安装在电动机的前端盖内侧；旋转部分安装在转子轴输出端，并随转子旋转。

该机型的接线方式如图 6-3 所示，电动机起动时离心开关触点处于闭合状态，它和起动电容、副绕组串联后再与主绕组并联接入电路。由于电动机有“嗡嗡”声，说明电源正常，可能是离心开关有故障。可按以下方法进行检修：

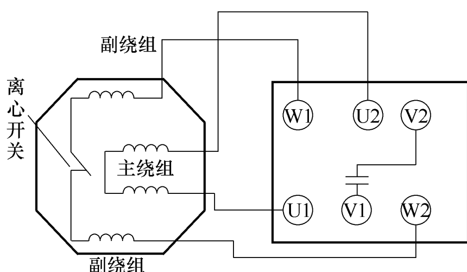


图 6-3　电容起动式单相电动机接线方式

首先将电动机倒顺开关放置中间位置，卸下离心开关与副绕组串联的引出线接线柱 V2 和 W1 连接片，用万用表测量 W1、W2 是否导通；若不通，则说明副绕组与离心开关开路。再检查离心开关引线，常见的故障是离心开关引线脱焊，进行重焊后，故障即可排除。

【问答 2】一台单相小功率电动机，工作过程中突然停转且不能再起动，怎样检修？

单相电动机突然停转，且不能再起动，一般是定子绕组发生了断路故障。可采用分割法检查绕组的断点，然后进行检修。

单相电动机的定子绕组由主绕组（工作绕组）和副绕组（起动绕组）构成。检查方法如图 6-4 所示，首先用万用表测量每相绕组的直流电阻，确定故障出在起动绕组，还是出在工作绕组。采取剪断过渡线的方法逐步缩小故障范围，直至

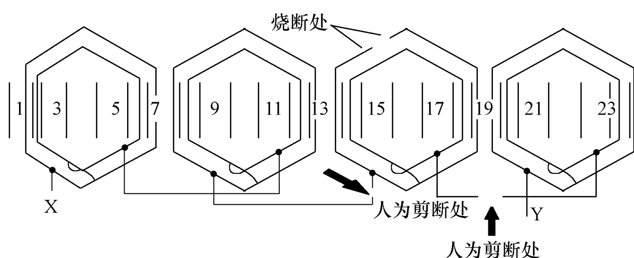


图 6-4　分割法检查绕组的断点

查找到故障点。

该机断点发生在工作绕组（XY 绕组）中，此时将有断点的绕组端部过渡线剪断，再用万用表测量剪断后绕组电阻，这样就可以确定断点部位。再根据断点位置和断点个数进行焊接和绝缘处理，即可使用。

检修提示：如果只有一个断点并且断点在绕组端部或者在定子铁心槽的外部，可以进行局部修理，挑出断头，用小刀刮除线头上的漆皮，用焊锡焊接，然后进行绝缘处理即可。如果断点在定子铁心内部或者有多个断点，则不能进行局部修理，只有重绕定子绕组。

【问答 3】一台单相电容运转式电动机，维修时更换了电容后转速变慢，外壳发烫，怎样检修？

由于该机故障是因更换了电容引起的，说明所更换的电容容量不符合电动机的要求。从理论上讲，在单相电容运转式电动机中，若电容容量增加 1 倍时，电动机的效率将下降 25%，如果电容容量增加 2 倍，电动机的效率就会下降 50%，电动机将不能驱动额定负载，造成转速变慢、过热，最终导致绕组烧毁。

检修时，先拆开电动机外壳，检查所更换的电容容量，与铭牌上所标注的参数进行对照，若电容器容量过大，将其更换后，故障即可排除。

检修提示：在检修单相电容运转式电动机时，如果需更换电容，应注意所选用的电容容量必须与原配置的电容参数相同，如果电动机铭牌丢失，又无资料可查，可根据电动机绕组导线线径来计算，公式如下：

$$C = 8JS$$

式中，C 为配用电容量，单位为 μF；J 为电动机起动绕组电流密度，一般为 5 ~ 7A/mm^2；S 为起动绕组导线截面积（mm^2）。

【问答 4】一台单相双电容电动机，更换线圈重新使用时，一接通电源副绕组即被烧毁，怎样检修？

单相双电容电动机在电路中分别接有起动电容和运行电容。其中，起动电容只在电动机起动过程中工作，当电动机转速达到一值时便及时退出，电动机进入正常运行状态。因此，起动电容的容量较大，而运行电容的容量相对较小。该机一接通电源副绕组即被烧毁，可能是接线错误或电容选用不匹配所致。

1. 接线方法

单相双电容电动机的正确接线方法如图 6-5 所示，在副绕组接一离心式自动开关，起动电容与离心式开关串联，再与运行电容并联。

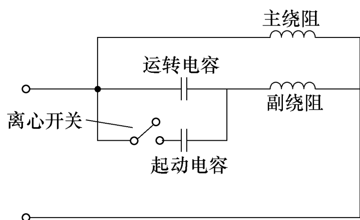


图 6-5 单相双电容电动机的正确接线

起动电容起起动的作用，运行电容起运行的作用，离心式开关起起动与运行切换的作用。当电动机接通电源后，由于起动电容器的容量较大，电动机便起动运转，转速达到额定转速的 80% 左右后，离心开关的接点断开，切断起动电容，电动机进入正常运行状态。

2. 电容的选配

常用单相双电容电动机起动电容和运行电容的容量选配如表 6-8。

表 6-8 常用单相双电容电动机起动电容和运行电容容量选配

额定功率/W	120	180	250	550	750
起动电容/μF	75.00	75.00	75.00	150	200.0
运行电容/μF	4.00	5.00	7.00	12.5	16.5

【问答 5】一台小型单相电容起动运行式电动机能起动，但始终处于低速大电流状态，怎样检修？

单相电容起动运行式电动机，出现起动后始终处于低速大电流状态，可能是离心开关损坏所致，可按以下方法进行检修：

拆下电动机前端盖，接通电源，当故障出现时，断开起动电容引线，看电动机能否恢复正常运转；若能，则判断离心开关不良，将其更换后，故障即可排除。

检修提示：离心开关主要包括静止和旋转两个部分。起动前，开关触点闭合；起动后，当转速达到规定值时，重臂受离心力作用，起到开关断开的作用。当离心开关损坏，又无同型号离心开关更换时，也可采取按钮代换，应急处理。方法是：

按照如图6-6所示，断开接线头⑥的起动电容引线，串联接入一只按钮，并改接到桩头③上，即用按钮代替离心开关。起动时，按下按钮数秒钟，待电动机正常起动后，再松开手，电动机即可正常运行。

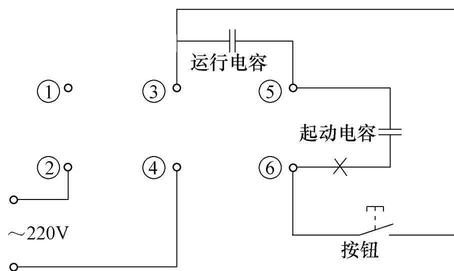


图6-6　采取按钮代换的应急处理方法

【问答6】一台单相串励电动机，工作时某一极电刷下产生剧烈的火花，怎样检修？

单相串励电动机在结构上存在电刷和换向器，工作时，电刷下不可避免地会有微小的火花出现，但如果火花较大，则说明电动机发生了故障。其故障原因主要有

1）电刷位置偏移。

2）电刷磨损过大，与换向器接触不良。

3）换向器间云母凸出。

4）换向器短路或接地。

5）电枢绕组短路或接地。

6）励磁绕组短路或接地。

该机由于是某一极电刷下火花较大，可能是电刷位置不均所致。可用纸张条矫正换向器上各电刷的距离，使电刷与换向器均匀接触，故障即可排除。

检修提示：对于串励电动机电刷产生的火花太小，没有较科学的方法进行区分，也不能使用仪表进行检测。经验区分法将换向火花分为5级，如表6-9所示。则允许火花等级不能大于$1\frac{1}{2}$级，如果火花过大，将会烧坏换向器和电刷，

应立即停机检修。

表 6-9 换向火花等级划分

火花等级	电刷下的火花程度	换向器及电刷的状态
1	无火花	换向器上没有黑痕及电刷上没有灼痕
$1\frac{1}{4}$	电刷边缘仅小部分(约1/5 至1/4 刷边长)有断续点状火花	
$1\frac{1}{2}$	电刷边缘大部分(大于是 1/2 刷边长)有连续较衡的颗粒火花	换向器上有黑痕,用汽油能除去,同时电刷有轻微灼痕
2	电刷边缘大部分或全部有连续较密的颗粒状火花,开始有断续舌状火花	换向器上有黑痕,用汽油不能擦除,同时电刷上有灼痕
3	电刷整个边缘有强烈的舌状火花,伴有爆裂声音	换向器上黑痕较重,同时电刷被烧焦

【问答 7】 单相串励电动机的常见故障有哪些?怎样检修?

单相串励电动机的转子绕组通过换向器及电刷与定子绕组串联,接到单相交流电源上,此种电动机的转速不受电源频率的限制,一般为 1000 ~ 4000r/min。其常见故障及检修方法如表 6-10。

表 6-10 单相串励电动机常见故障检修方法

现象	故 障 原 因	检 修 方 法
接通电源后,电动机不能起动	1. 电源线折断 2. 电缆线接头松脱 3. 开关损坏 4. 开关接线松脱 5. 内部布线松脱或断开 6. 电刷与换向器未接触 7. 定子绕组断路 8. 电枢绕组断路 9. 机械故障	1. 更换电缆线 2. 连接好电缆线接头 3. 修理或更换开关 4. 紧固开关接线 5. 紧固或调换内接线 6. 调整电刷和刷盒,更换电刷弹簧 7. 检修定子断路点或重绕绕组 8. 检修电枢 9. 排除机械故障
电动机转速太慢	1. 定子与转子相擦 2. 机壳和机盖轴承同轴度差,轴承运转不正常 3. 轴承太紧或有脏物 4. 电枢局部短路	1. 校正转子 2. 修正机械尺寸 3. 清洗轴承,添加润滑脂 4. 检修电枢短路点
电动机转速太快	1. 定子绕组局部短路 2. 电刷偏离几何中心	1. 检修定子 2. 调整电刷和刷盒位置

(续)

现象	故障原因	检修方法
工作时,电刷火花大或换向器上出现环火	1. 电刷不在中枢线上 2. 电刷磨损太大 3. 电刷弹簧压力不足 4. 电刷、换向器接触不良 5. 换向器表面太粗糙 6. 换向器磨损过大且凹凸不平 7. 换向器中云母片凸出换向铜片 8. 电刷与刷盒之间配合太松或刷盒松动 9. 换向器换向片间短路(换向片间绝缘击穿;换向片间有导电粉末) 10. 定子绕组局部短路 11. 电枢绕组局部短路 12. 电枢绕组局部断路 13. 电枢绕组反接	1. 调整电刷位置 2. 更换电刷 3. 更换弹簧 4. 修磨电刷,进行清洁 5. 修磨换向器 6. 更换或修磨换向器 7. 修正云母片 8. 修正配合间隙尺寸,紧固刷盒 9. 排除短路(修复或更换换向器;清除导电粉末) 10. 修复定子绕组短路点 11. 修复电枢绕组 12. 修复电枢绕组 13. 改正电枢绕组接线
电动机运行时,发出异常声音	1. 轴承磨损 2. 轴承内有杂物 3. 定子与电枢相擦 4. 风扇变形或损坏 5. 风扇松动 6. 风扇与挡风板距离不正确 7. 电刷弹簧压力太大 8. 电刷内有杂质或太硬 9. 换向器表面凹凸不平 10. 云母片凸出换向器 11. 电动机安装不平 12. 定子局部短路 13. 电枢局部短路	1. 更换轴承 2. 拆下轴承进行清洗 3. 修正机械尺寸 4. 更换风扇 5. 紧固风扇 6. 调整风扇与挡风板的距离 7. 减少弹簧压力 8. 更换电刷 9. 修换换向器 10. 修整云母槽 11. 重新校正平衡 12. 修复定子绕组 13. 修复电枢绕组
工作一段时间后,电动机出现过热现象	1. 轴承太紧 2. 轴承内有杂质 3. 电枢轴弯曲 4. 风扇损坏 5. 定子绕组受潮 6. 定子绕组局部短路 7. 电枢绕组受潮 8. 电枢绕组局部短路 9. 电枢绕组局部断路 10. 电枢绕组反接 11. 电动机受腐蚀气体侵蚀绝缘下降	1. 修正轴承室的尺寸 2. 清洗轴承、添加润滑脂 3. 校正电动机轴 4. 检修风扇 5. 烘干定子绕组 6. 修复定子绕组 7. 烘干电枢绕组 8. 修复电枢绕组 9. 修复电枢绕组 10. 改正电枢绕组的接线 11. 重新进行绝缘处理
机壳带电	1. 定子绝缘击穿,金属机壳带电 2. 电枢的基本绝缘和附加绝缘击穿 3. 换向器对轴绝缘击穿 4. 电刷盘簧或接线碰金属机壳 5. 内接线松脱碰金属机壳	1. 修复定子 2. 修复电枢 3. 更换换向器、修复电枢 4. 调整盘簧或紧固内接线 5. 紧固内接线

（续）

现象	故障原因	检修方法
电动机接通电源后熔断丝烧毁	1. 电缆线短路 2. 内接线松脱短路 3. 开关绝缘损坏短路 4. 定子绕组局部短路 5. 电枢绕组局部短路 6. 换向片间短路 7. 电枢卡死 8. 负载过重或被卡住	1. 调换电源线 2. 紧固内接线 3. 更换开关 4. 修复定子 5. 修复电枢 6. 更换换向器，修复电枢 7. 检查电动机装配 8. 减轻负载，排除被卡故障

【问答 8】一台步进电动机，使用时发热严重，怎样排除？

步进电动机与普通电动机一样，内部都是铁心和绕组线圈组成的，绕组有电阻，通电后会产生损耗，损耗大小与电阻和电流的平方成正比，这种损耗称为直流功耗。如果电流不是标准的直流或正弦波，还会产生谐波损耗。电动机铁心有磁滞涡流效应，在交变磁场中也会产生损耗，其损耗大小与材料质量、电流、频率有关，通常称这种损耗为铁损耗。直流功耗和铁损耗都会以发热的形式表现出来。所以，步进电动机发热是不能避免的，只是发热程度不同而已。由于步进电动机追求定位精度和力矩输出，效率比较低，电流一般比较大，且谐波成分高，电流交变的频率也随转速而变化，因而步进电动机发热丝一般交流电动机严重。

排除步进电动机发热过大的方法有以下 4 种：

1）让其工作于半流模式。对于驱动器具有自动半流模式的步进电动机，应尽量让其工作在半流状态，可使发热降低一些。

2）降低电流。如果负载力矩范围允许，可以把电动机额定电流降下来，比如额定电流为 5A 电动机，让其工作在 4A 状态下。

3）强制散热。通过加装风扇，强制散热的方法，降低发热量。

4）改换电动机。对于一些特殊的使用场合，可以通过选择低电阻、低电流的步进电动机，以减少直流功耗和铁损耗，降低发热量。

第3章　直流电动机

【问答1】一台直流电动机在维修过程中接线柱标牌丢失，怎样接线？

直流电动机具有三个绕组，即励磁绕组、串励绕组和电枢换向极绕组。每个绕组有两个引出线，共6个接线端子。各接线端子与接线柱都有相应的标示。当直流电动机接线柱标牌丢失时，可用万用表测量各引线端的电阻值进行判别，方法如下：

先将万用表拨至R×100档测量各接线端的电阻，阻值最大的就是励磁绕组的两个接线端。余下的4个接线端分别为串励绕组接线和电枢换向极绕组接线端。然后将电刷从刷盒中取出，再用万用表电阻挡测量余下4个接线端子的电阻，阻值小的两个接线端为串励绕组接线端，阻值为无穷大（即不通）的电枢换向极绕组接线端。

【问答2】一台直流电动机工作时换向器上产生较大的火花，且转速异常，怎样检修？

直流电动机工作时换向器上产生较大的火花，且转速异常，除电源电压不正常和电刷或轴承磨损外，一般是电枢绕组局部短路、断路或接地，换向器短路等，可按以下方法进行检修。

1. 电枢绕组接地的检修方法

电枢绕组接地一般发生在铁心的槽口或槽的底部。检查时，先用万用表测量电枢绕组与转轴间的电阻，如果阻值为零或很小，则表明电枢绕组存在接地故障。检修时，应先找到接地点，再进行修复。

在电刷上加上低压直流电，将电压表的一端接触转轴，另一端接触换向片，依次测量每个换向片与转轴的电压。如果电压表有读数，说明该换向片连接的绕组没有接地；如果没有读数或者只有很小的读数，说明该换向片连接的绕组已经



接地。再进一步查找接地位置和接点的多少进行检修。

如果电枢绕组接地点在绕组引出端或电枢铁心槽口处，可将绕组与铁心相碰处撬开，用绝缘纸将其隔开即可。如果接地点在槽内，或有多处接地点，则不能修复，只有拆下绕组重绕。

2. 电枢绕组短路的检修方法

电枢绕组是否存在短路，可用万用表测量相邻两换向片间的电阻和电压来进行判断。方法如下：

1）用万用表测量两换向片间的电阻值，当某两片间电阻值比其他换向片间的电阻值明显小时，则说明连接这两片换向片的绕组存在短路。

2）在两电刷间加上低压交流电，用电压表的两支表笔依次触及相邻的换向片，测量片间电压。如果某两片间电压值比其他片间小很多，则说明与该两片相连接的绕组有短路。再根据短路点所处的位置进行修理。

如果短路点在绕组表面，可用竹片将短路绕组拨开，再涂上绝缘漆即可；对于有多组绕组的电枢绕组，如果只有一组绕组短路，可以将这组绕组从端部剪断，将断头包好。再用一根导线将这个绕组所连接的换向片跨接起来，也可以应急使用。

3. 电枢绕组断路的检修方法

电枢绕组断路的检查和修理方法与短路的检查和修理方法相似。如果断路点在绕组表面，可找出断裂的线头重新接上，做好绝缘即可；如果断路点在铁心槽内，则需拆除绕组进行重绕。绕制电枢绕组的方法如下：

1）拆除旧绕组。先将电枢颈部捆扎蜡线拆下，再用电烙铁烫开各换向片上的绕组接点。将电枢放到火上烘烤一段时间，待绝缘漆软化后，立即将绕组的一端剪断，用钳子夹住绕组拉出。拆线时要将绕组的节距、匝数、线径、嵌线方式和换向片节距等数据记录下来。

2）绕制新绕组。绕制新绕组前应画出展开图。电枢绕组的形式有多种，应根据原绕组绕制。如果是单叠绕组，应在线模上绕制，再嵌入槽内。如果是对绕式或叠绕式绕组，可以直接在电枢铁心上绕制。

绕组绕制完毕后，再经浸漆烘干处理，装机后，即可使用。

【问答 3】一台用于录放机的离心稳速直流电动机，电动机转速变低，放音时音调低沉，怎样检修？

离心转速电动机转速变低，一般是调速器螺钉松动导致两触点间隙变大而

无法接触，或簧片失去弹性，触点接触不良，致使电动机电流减少，转速变低。

检修时，先用小刀或细砂纸将触点上的氧化层打磨掉，并用无水酒精清洗干净，然后适当调节调速螺钉，校正变形的簧片，故障即可排除。

【问答 4】 一台用于录放机的离心稳速直流电动机，电动机转速变快，放音时刺耳，怎样检修？

离心稳速直流电动机转速变快，可能是调速器调节螺钉调节不当，使动、静触点接触过紧，弹簧片变形使动触点压力过大，严重时会使两触点连接在一起而不能分离，造成离心调速器工作失常，而使电动机转速失控。

检修时，先将连接在一起的触点拨开，用细砂纸将触点打磨平整并清洗干净，再调节调速螺钉，将弹簧片压力校正为合适，故障即可排除。

检修提示：若弹簧片变形、弹性减弱，不能调校，则应更换新弹簧片。

【问答 5】 一台用于收放机的离心稳速直流电动机，时转时停，在停止时用手轻敲一下，又可以转动起来，怎样检修？

由于电动机在不转时用手轻敲一下，又可以转动起来，说明电动机的电路部分基本正常，其故障可能是电动机两端轴承润滑不良或电刷与换向器接触不良引起的。可按以下方法进行检修：

1. 检查轴承是否润滑不良

将电动机的含油轴承取下，用煤油清洗干净，再滴入少许钟表油或缝纫机油，再装上使用。

2. 检查电刷与换向器是否接触不良

除去电刷或换向器接触面的油污，用细砂纸将换向器上的环状沟槽修磨平整，用小刀或针剔除换向器片之间的杂物，再用无水酒精清洗干净，使其接触良好，故障即可排除。

检修提示：有些电动机因设计或制作时存在缺陷，其电动机本身存在死点，使用时，须用手转一下才能起动运转，这种有死点的电动机，不能修复，只有更换新的电动机。



【问答 6】直流电动机常见故障有哪些？怎样检修？

直流电动机常见故障现象、产生原因及检修方法如表 6-11。

表 6-11　直流电动机常见故障现象、产生原因及检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
直流电动机不能起动	1. 熔丝熔断 2. 线路断线 3. 起动器接线错误 4. 励磁欠电压继电器动作 5. 起动时负载过重 6. 电刷接触不良 7. 串励绕组接反 8. 轴承损坏 9. 线路电压太低	1. 更换熔丝 2. 修复线路 3. 检查起动器,改正接线 4. 查清原因,并励磁欠电压继电器复位 5. 减去部分负载再起动 6. 检修或更换刷握弹簧 7. 按接线图正确接线 8. 更换轴承 9. 用万用表测试电压,若太低,提高电压后再起动
工作时电刷火花过大	1. 电刷磨损过短 2. 电刷表面不平整,接触不良 3. 电刷弹簧压力不均匀 4. 刷握松动 5. 刷握离换向器表面距离过大 6. 使用的电刷型号不符合要求 7. 电刷与刷握配合过紧松 8. 换向器片间云母突出 9. 换向器片间云母未拉紧 10. 刷架中心位置不对 11. 换向极绕组短路 12. 电枢绕组断路 13. 电枢绕组短路 14. 换向器断路 15. 换向极引出线接反 16. 电压过高 17. 电动机超负荷运行	1. 更换新电刷 2. 研磨电刷表面,使之接触良好 3. 调整弹簧压力,使每个电刷压力保持均匀 4. 将刷握螺栓固紧,使刷握和换向器表面平行 5. 将刷握离换向表面距离调整为 2 ~ 3mm 6. 更换为原来的型号 7. 重新配合,使电刷的刷握中能自由滑动,否则应更换新电刷 8. 精车换向器 9. 用手拉刀刻去剩余云母 10. 移动刷架座,选择火花最好位置 11. 拆除重绕 12. 拆开电动机,用毫伏表找出断路点,进行焊接或重绕 13. 查出短路处,并进行修复 14. 清理云母槽中的铜屑,排除断路故障 15. 调换和刷杆相连接的两线头 16. 调速外加电压至额定值 17. 调整负载至额定负载内
电动机转速不正常	1. 外加电压过高或过低 2. 电刷不在正常位置 3. 电极及磁场线圈短路 4. 励磁绕组回路开路	1. 用万用表测量,将电压调整至允许范围内 2. 按所刻记号调整刷杆座位置 3. 检查换向器表面及接头片,排除短路点,测量磁场线圈每极直流电阻是否相同,查出原因并进行排除 4. 检查磁场线圈连接是否良好,磁场线圈或调速器内部是否断路,励磁欠电压继电器是否动作,应分别进行修复

参考文献

［1］ 单英杰．小型同步发电机［M］．长沙：湖南科学技术出版社，1979.

［2］ 何报杏．怎样维修电动机［M］．北京：金盾出版社，2002.

［3］ 机械工程手册电机工程手册编辑委员会．电机工程手册［M］．北京：机械工业出版社，1982.

［4］ 季杏法．小型三相异步电动机技术手册［M］．北京：机械工业出版社，1987.

［5］ 潘品英．家用及中小型电动机重绕修理［M］．上海：上海交通大学出版社，1993.

［6］ 陈佳新．电机维修技术自学速成［M］．福州：福建科学技术出版社，2000.

［7］ 崔信昌．各类电焊机使用、维修指南［M］．上海：上海科学技术文献出版社，1990.

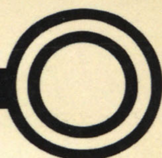
［8］ 于永晓．单相异步电动机修理技术［M］．济南：山东科学技术出版社，1987.

［9］ 张曾常．电机绕组接线速成［M］．北京：机械工业出版社，1996.

［10］ 汪国梁．单相串激电动机［M］．西安：陕西科学技术出版社，1980.

［11］ 潘宝昌．电机修理技术［M］．济南：山东科学技术出版社，2000.

［12］ 汪国梁．单相串激电动机的原理设计制造［M］．上海：上海科学技术出版社，1991.



看图学技能丛书

- 看图学农电工200问
- 看图学电视机维修300问
- 看图学电冰箱维修300问
- 看图学空调器维修300问
- 看图学电子电工元器件与检测工具150问
- 看图学农机使用与维修260问
- **看图学电动机使用与维修150问**

上架指导：工业技术/电工技术/电机

● ISBN 978-7-111-30265-0
● 策划编辑：顾　谦
● 封面设计：陈　沛

地址：北京市百万庄大街22号
电话服务
社服务中心：(010)88361066
销 售 一 部：(010)68326294
销 售 二 部：(010)88379649
读者服务部：(010)68993821

邮政编码：100037
网络服务
门户网：http://www.cmpbook.com
教材网：http://www.cmpedu.com
封面无防伪标均为盗版

定价：29.00元

ISBN 978-7-111-30265-0

